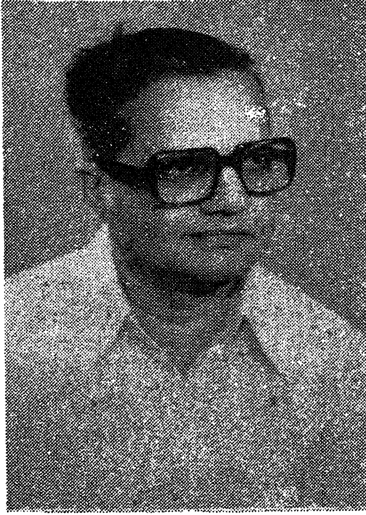
पाणी

जीवन





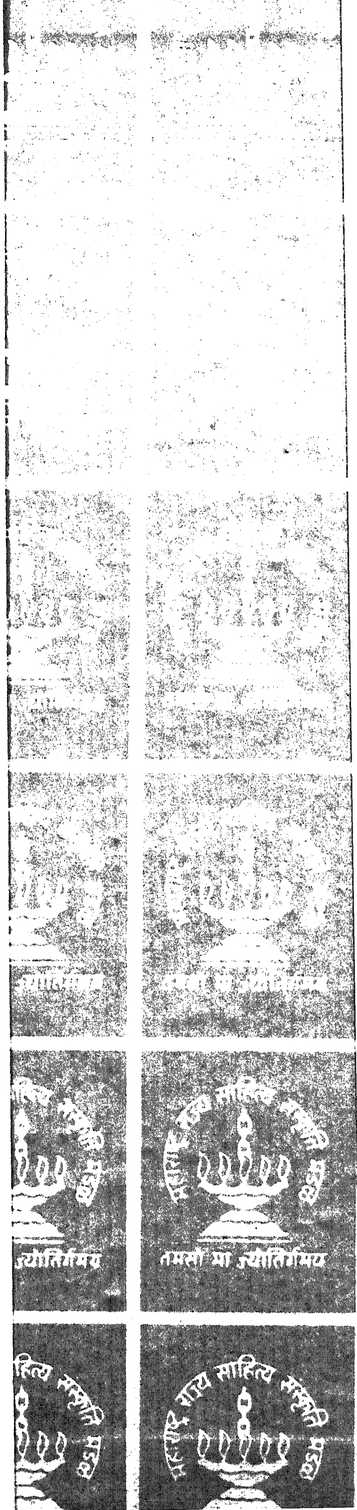
लेखक: डॉ. विजय देशपांडे



डॉ. विजय मोरेश्वर देशपांडे

विजय मोरेश्वर देशपांडे हे मूळचे सातारा जिल्ह्यातील वांई गावचे. शालेय नि महाविद्यालयीन शिक्षण पुणे येथील नूतन मराठी विद्यालय, फर्ग्युसन कॉलेज, स. प. महाविद्यालय आणि पुणे विद्यापीठाचा रसायनशास्त्र विभाग येथे झाले. १९५६ साली पुणे विद्यापीठातून M. Sc. (Biochemistry) ही पदवी परीक्षा उत्तीर्ण केल्यानंतर बडोदे येथील महाराजा सयाजीराव विद्यापीठात भारत सरकारची शिष्यवृत्ती मिळवून पदव्युत्तर संशोधनास सुरुवात. १९६० साली 'Biosynthesis of Organic Acids and Accumulation of Citric Acid in the fruit tissues of Garcinia (xanthochymus gutteferāe)' या प्रबंधासाठी त्या विद्यापीठाची Ph. D. ही पदवी. डॉक्टरेट् मिळविल्यानंतर १९६१ ते १९६८ या कालावधीत नागपूर येथील राष्ट्रीय पर्यावरणीय अभियांत्रिकी अनुसंधान संस्थान (NEERI) या प्रयोगशाळेत 'सायंटिस्ट' म्हणून नोकरी. मध्यंतरीच्या काळात म्हणजे, १९६४-६५ मध्ये कोलंबो योजनेखाली इंग्लंडमधील Water Pollution Research Laboratory या विश्वविख्यात प्रयोगशाळेत Waste Water Analysis च्या विशेष अभ्यासासाठी नोरीतर्फे

[पुढील फ्लॅपवर चालू]



पाणी–जीवन

लेखक

डॉ. विजय मोरेश्वर देशपांडे

प्राध्यापक (जनःस्वास्थ्य अभियांत्रिकी)

विश्वेश्वरय्या प्रादेशिक अभियांत्रिकी महाविद्यालय, नागपूर.

नागपूर :

शासकीय मुद्रणालय

१९८२

गाईची तृषा हरूं व्याघ्रा विष होऊनी मारू।
ऐसे नेणेंचि कां करू। तोय जैसे ।। अ. १२-१४७.

. . . .

आघविया जगा एक । सेव्य जैसे उदक । अ. १२-२०५.

—ज्ञानेश्वर
(ज्ञानेश्वरी)

असं हे सर्वांशी सारखंच असलेले 'पाणी-जीवन' अर्पण करताना मी तरी आपपर भाव कशाला दाखवूं?

—सर्वांनाच

निवेदन

मराठी भाषेला आणि साहित्याला आधुनिक ज्ञान-विज्ञानाच्या व सांस्कृतिक मूल्यांच्या आविष्कारांचे सामर्थ्य प्राप्त व्हावे, आधुनिक शास्त्रे, ज्ञान-विज्ञाने, तंत्र आणि अभियांत्रिकी त्याचप्रमाणे भारतीय प्राचीन संस्कृती, इतिहास, कला इत्यादी विषयांत मराठी भाषा सर्वच स्तरांवर ज्ञानदान करण्यास समर्थ व्हावी आणि मराठी भाषेला जगात उच्च स्थान मिळावे या उद्देशाने महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळाने बहुविध वाङमयीन व सांस्कृतिक कार्यक्रम आखला आहे. तो व्यवस्थितपणे कार्यवाहीत आणण्याकरिता वाङमय, ललितकला, समाजविज्ञान, विज्ञान, इतिहास इत्यादी विषयांवरील प्रकल्प साकार करण्यासाठी तसेच, मराठी वाङमयकोश व शब्दकोश इत्यादी योजनांचे नियंत्रण व मार्गदर्शन करण्यासाठी मंडळाने विविध समित्या स्थापन केल्या आहेत.

याच दृष्टीने सर्वसामान्य माणसाला उपयुक्त होतील अशी विज्ञानविषयक पुस्तके प्रकाशित करणेही आवश्यक आहे असे मंडळाला वाटले. मंडळाच्या या धोरणानुसार मंडळाच्या विज्ञान समितीने सर्वसामान्य लोकांसाठी विज्ञानविषयक पुस्तके लिहून घेण्याची योजना आखली आहे. यामुळे सामान्य जनांमध्ये वैज्ञानिक दृष्टीकोन निर्माण होऊन त्यांच्या दैनंदिन जीवनात येणाऱ्या वैज्ञानिक गोष्टींची त्यांना केवळ ओळखच होणार नाही तर आजचे विज्ञान रंजक व वाचनीय पद्धतीने त्यांना उपलब्ध पण होईल. शहरी भागाबरोबरच ग्रामीण भागातही पुस्तके पोहोचली पाहिजेत, अशी या मंडळाची धारणा आहे. यासाठी मंडळाने प्राणीसृष्टीतील नवल, अनुवंशिकी, शेतकऱ्यांचे जीवन उजळून टाकणारा गोबर गॅस, आपला सूर्य, अणुशक्ती आणि अण्वस्त्रे यांचा परस्पर संबंध, जीवरक्षके (Antibiotics), निसर्ग आणि वनस्पती, कापडावरील विविध प्रक्रिया, दैनंदिन व्यवहारातील विज्ञान इत्यादी विविध विषयांवर पुस्तके प्रकाशित करण्याचे योजिले आहे.

मानवी जीवनातच नव्हे तर प्राणिसृष्टी आणि वनस्पतीसृष्टीतही पाण्याचे महत्त्व केवळ अनन्यसाधारण आहे. निरनिराळ्या विद्याशाखेत या विषयावर कितीतरी संशोधन झाले आहे. परंतु, शास्त्रीय दृष्टीकोनातून पाहिल्यास सर्वसामान्य माणसास "पाणी" या विषयासंबंधी अत्यंत त्रोटक ज्ञान असते. डॉ. विजय देशपांडे यांच्या

"पाणी-जीवन" या पुस्तकामुळे ही त्रुटी भरून निघेल असे आम्हांस वाटते. डॉ. देशपांडे यांनी हे पुस्तक सर्वांना पोषक होईल अशा दृष्टीकोनातूनच लिहिले आहे. पुस्तकामध्ये पाण्याविषयीची सांगोपांग माहिती आली आहे. रेखाचित्रे, तौलनिक तक्ते इत्यादींचा समावेश पुस्तकात असल्याने विषयाचे आकलन वाचकांना सहज सुलभ होण्यास खूपच मदत होईल. जिज्ञासूंप्रमाणेच सर्वसामान्य वाचकासही या ग्रंथामुळे "पाणी" या महत्त्वाच्या विषयावरील जरूर ती माहिती मिळू शकेल असे मंडळास वाटते. डॉ. वि. मो. देशपांडे लिखित "पाणी-जीवन" हे पुस्तक जनतेला सादर करण्यास आम्हाला अत्यंत आनंद होत आहे.

डॉ. सुरेन्द्र बारलिंगे,
अध्यक्ष,
महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळ.

मुंबई :
विजयादशमी,
आश्विन १६, शके १९०३,
गुरुवार, दिनांक ८ ऑक्टोबर १९८१.

दोन शब्द

'पाणी-जीवन' हें पुस्तक या स्वरूपात प्रसिद्ध होण्यामागे कितीतरी जणांचे प्रत्यक्षा-प्रत्यक्ष सहाय्य, प्रोत्साहन कारणीभूत आहे. त्यांच्या सदिच्छा, त्यांनी वेळोवेळी केलेल्या सूचना माझ्या पाठीशी नसत्या तर हे काम माझ्या हातून कदाचित् झालंही नसतं. त्या सर्वांचं ऋण बाळगण्यात मला आनंदच आहे.

पुस्तक लिहिण्यामागची माझी भूमिका, मला वाटतं, बऱ्याचशा प्रमाणात पहिल्या प्रकरणात मी स्पष्ट केली आहे. या पुस्तकाची कल्पना मनात आल्यानंतर तिला मूर्त स्वरूप यावं यासाठी प्रथमतः मी कांही लेख लिहिले. ते त्यावेळी नागपूरांत प्रा. वसन्त सहस्त्रबुद्धे यांच्या संपादकत्वाखाली प्रसिद्ध होत असलेल्या 'महाराष्ट्रीय वैज्ञानिक' या मासिकांत प्रसिद्ध झाले. थोडक्यात, 'महाराष्ट्रीय वैज्ञानिक' हे मासिक नि त्याचे संपादक प्रा. सहस्त्रबुद्धे यांना श्रेयाचा फार मोठा वाटा जातो. पुस्तक-स्वरूपात छापायचं म्हणजे मूळच्या लेखांत फेरफार करणं ओघानंच आलं. तसे संस्कार, क्वचित प्रसंगी काटछाट, जोड देणं हे सारं करणं भाग पडलं. प्रत्यक्ष लेखनकाळांत ज्यांच्याशी केलेली चर्चा उपयुक्त ठरली ते माझे सहकारी प्राध्यापक डॉ. आनंद भोळे व डॉ. सुधाकर धबडगांवकर यांचा नामनिर्देश न करून कसं चालेल ? अभियांत्रिकी शाखेशी संबंधित असलेल्या जुन्या भारतीय ग्रंथांचा व संदर्भांचा अनमोल संग्रह करण्यात नि बाळगण्यात कमालीचा अभिमान बाळगणारे नागपूरचे संशोधक व सेवानिवृत्त अभियंते श्री. जोशी यांचाही मी ऋणी आहे. जुने संदर्भ देण्यात त्यांचं झालेलं सहाय्य शब्दातीत आहे. तसंच मुंबईच्या महानगरपालिकेत उपमुख्य अभियंत्याची जागा भूषविणारे माझे ज्येष्ठ मित्र श्री. य. वि. दामले यांच्यामुळे कांहीं महत्त्वाची माहिती मला मिळूं शकली. त्यांचेही ऋण फेडलेच पाहिजे.

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृति मंडळाच्या सहाय्याविना हे पुस्तक प्रकाशित होणे कठीणच होते. साहित्य संस्कृति मंडळाचा मी सदैव ऋणी आहे.

पुस्तकाचे देखणे मुखपृष्ठ काढून पुस्तकाची आकर्षकता वाढविल्याबद्दल माझे स्नेही प्रा. अनन्त देव यांचे आभार मानणं आवश्यकच आहे. तसेच, वॉटर हार्यसिंथने भरलेल्या जलाशयाचे छायाचित्र काढून दिल्याबद्दल श्री. जयंत गाडगीळ यांचाही अगत्याने उल्लेख करायला हवा. मैत्री अत्यंत जवळीकीची असल्याने आभाराचं व्यवहारिक प्रदर्शन त्यांना आवडणार नाही.

पुस्तक सजविण्यात माझे मित्र श्री. द. गो. देशपांडे व श्री. धारसकर यांचे झालेले सहाय्य फार मोठं आहे. त्यांचेही आभार !

महाराष्ट्र राज्य शासकीय मुद्रण व लेखनसामग्री विभागाचे संचालक, श्री. आर. बी. अल्वा यांनी या ग्रंथाच्या मुद्रणाविषयी विशेष आस्था दाखविली अन् विविध प्रकारे सहाय्य केले म्हणून त्यांचे व शासकीय मुद्रणालयाचे व्यवस्थापक, श्री. व. रा. जोशी व त्यांचे सहकारी यांनी सुबक रीतीने हें पुस्तक छापल्याबद्दल त्यांचे मनःपूर्वक आभार !

—विजय देशपांडे.

अनुक्रमणिका

प्रकरण १

पाणी ? नव्हे जीवन !

पृष्ठ

जलचक्र- पाण्याचे अनेकविध उपयोग—जागतिक लोकसंख्या व पाण्याची मागणी—ग्रामीण विभाग—नागरी विभाग—भारतामधील पाणीपुरवठा—नागरी विभाग—ग्रामीण विभाग—महाराष्ट्रातील पाणीपुरवठा—भौगोलिक रचना, पाण्याचे असमान वाटप व त्यामुळे उत्पादनावर होणारा परिणाम—पाणी व आरोग्य—प्रति माणशी पाणीपुरवठा. १—१३

प्रकरण २

जीवसृष्टी अन् पाणी यांचे अन्योन्य संबंध

वनस्पतिसृष्टी—प्राणिसृष्टी—जीवरासायनिक क्रिया व त्यामधील पाण्याचा वाटा. १५—२२

प्रकरण ३

अलौकिक गुणांचे पाणी

पाण्याचा रेणू—हैड्रोजन बंध—पाण्याच्या तीन अवस्था आणि त्यांचे उष्णतेबरोबरील अन्योन्य संबंध—द्विध्रुवी घूर्णन व उच्च विद्युत् अपार्यता स्थिरांक-सर्वव्यापी विलायक अभिक्रिया—पृष्ठ तणाव. २३—३२

प्रकरण ४

शुद्ध पाण्याच्या शोधात

रासायनिकदृष्टया शुद्ध पाणी—स्वास्थ्याचे दृष्टिकोनातून शुद्ध पाणी. ३३—३७

अनुक्रमणिका

प्रकरण ५

जलशुद्धता पारखण्यासाठी निर्धारित मानके

पृष्ठ

जलविश्लेषणासाठी 'नमुना' गोळा करण्याच्या पद्धती–रासायनिक विश्लेषण पद्धती–जीवाणूशास्त्रीय विश्लेषण पद्धती–जीवाणूविषयक मानके–अनुपचारित पाणी, उपचारित पाणी, ग्रामीण नमुने–रासायनिक व भौतिक गुणवत्तेबाबत ठरविलेली मानके. ३९—५१

प्रकरण ६

पाण्यातील जीवसृष्टी

'जीवो जीवस्य जीवनम्'–बुरशी–शेवाळे–जीवाणू–स्वच्छ पाण्यातील जीवाणू, मृत्तिकानिवासी जीवाणू, मलजलनिवासी व विष्ठीय जीवाणू–विषाणू–कृमी–जंत, अंकुश कृमी, नारू–इतर अपृष्ठवंशी जीव –रोगकारी प्रोटोझून, एण्टामीबा हिस्टोलिटिका, जिआर्डिया लाम्बिया–गंध व चव निर्माणक प्राणी–अविभाजित शरीराच्या अळ्या–निस्यंदक व प्रणाल तुंबविणाऱ्या अळ्या व इतर प्राणी. ५३—७३

प्रकरण ७

पाण्यातील अपद्रव्ये

विलीन अवस्थेतील वायू—ऑक्सिजन–कार्बन डायऑक्साइड–नायट्रोजन—एकूण घनद्रव्यें–निस्यंदनशील किंवा विलीन घनद्रव्यें–अनिस्यंदनशील किंवा निलंबित घनद्रव्यें–बाष्पशील व स्थिर घनद्रव्यें–गढूळता–रंग–पाण्यातील रासायनिक घटक-द्रव्यें आणि त्यांचे संभाव्य परिणाम–अल्कता–अम्लता—pH मूल्य—दुष्फेनता—क्लोराइड—फ्लोराइडे—आयोडीन—लोह आणि मंगल—सल्फेटे—नायट्रेटें—फॉस्फेटे. ७५—९८

प्रकरण ८

जलप्रदूषण

जीवाणू व विषाणू, कृमी यामुळे होणारे प्रदूषण–पौष्णिक द्रव्यांमुळे होणारे प्रदूषण–औद्योगिक अपशिष्टांमुळे होणारे प्रदूषण. ९९—११०

अनुक्रमणिका

प्रकरण ९

जल-उपचारण

	पृष्ठ
निर्धोक पिण्याचे पाणी मिळविण्यासाठी करावे लागणारे जलोपचारण–कलील गढूळपणा–किलाटक व किलाटक सहाय्यक–किलाटन– निस्यंदन–क्लोरिनीकरण–पाण्याचे सुफेनीकरण–फ्लोराइड निष्कासन–औद्योगिक अपशिष्टे अगर मलजल पाण्यात निःस्सारित झाल्यामुळे होणाऱ्या प्रदूषण-कारक घटकांचे निष्कासन–लहान प्रमाणातील लोकसंख्येसाठी पाणी-पुरवठा–एकघट पद्धती–द्विघट पद्धती–पाण्याची कमतरता नष्ट करण्या-साठी वापरण्यात येणाऱ्या संकीर्ण उपचारण पद्धती व काही अभिनव प्रकल्प–भूगर्भांतर्गत पाण्याचा/भूजलाचा शोध—अपक्षारीकरण, आयन विनिमय पद्धती, सौरजल, बंद-चक्र उपागम.	१११—१२८
इमा आपः शिवतमाः	१२९—१३१
परिशिष्ट	१३३
पारिभाषिक शब्दसंग्रह	१३५—१४०
संदर्भ ग्रंथ	१४१—१४२

प्रकरण १

पाणी ? नव्हे जीवन !

संपूर्ण जीवमंडलात अधिकतम प्रमाणात असलेला पदार्थ म्हणजे पाणी. अपवाद श्वसनासाठी वापरल्या जाणाऱ्या हवेचाच काय तो. पाणी हे अतिशय जवळचे पण तितकेच अपरिचित असे असेंद्रिय यौगिक. इतके निकट साहचर्य की, जीवमंडलातील कोणत्याही घटकाचे अस्तित्व याविना अशक्य व्हावे. पाण्याला 'जीवन' म्हणून संबोधिले जाते ते उगाच नाही.

निसर्गाकडून मिळालेली निर्मल, चमकिली, पारदर्शक अन् पापक्षालकासारखी अद्‌भुत शक्ती लाभलेली दैवी भेट म्हणून अनादी कालापासून मानव पाण्याकडे आदराने पाहत आला आहे. मानवाशी संबंधित असलेल्या बहुतेक सर्व कार्यांत—पूजाअर्चा, संकल्प, धार्मिक-विधी इत्यादी—पाण्याचे महत्त्व केवळ अनन्यसाधारण आहे. इतिहासाचे परिशीलन केले तरी हेच दिसून येईल. भटक्या जमाती, खेडी, शहरे, इतकेच नव्हे तर सुखसमृद्धीत नांदलेल्या व नांदत असलेल्या संस्कृतींचे भवितव्य पाण्याच्या विपुलतेवर वा दुर्मिळतेवर विसंबून राहिलेलं दिसते. मराठीतील 'आधी जल, मग स्थल' ही म्हण याचीच साक्ष देते.

जोपर्यंत लोकसंख्येच्या प्रमाणात "उदंड जाहले पाणी" अशी परिस्थिती होती आणि मानवाच्या आरोग्यविषयक कल्पना वैयक्तिक आरोग्याचा उंबरठा ओलांडून बाहेर पडलेल्या नव्हत्या तोपर्यंत नदीत वा कोणत्याही जलप्रवाहात अनवधानाने अगर बुद्धिपुरस्सर टाकलेल्या अपायकारक पदार्थांचेही (प्रदूषणकारी घटक वा दूषितके) नैसर्गिकरीत्या होणारे निराकरण—आत्मशोधन—दैवी वाटणे साहजिक होते. परंतु काळाबरोबर जसजसी लोकसंख्या वाढू लागली व शास्त्रीय ज्ञान प्रगत होऊ लागले तसतशी परिस्थिती पालटू लागली. माणसाच्या आरोग्यविषयक कल्पना जास्त सुस्पष्ट होऊ लागल्या. तो वैयक्तिक आरोग्याबरोबरच सार्वजनिक आरोग्याचाही विचार करूं लागला. पाण्याचा वापर पूर्वीच्या तुलनेने किती तरी पट वाढू लागला. एका बाजूला लोकसंख्या व शास्त्रीय ज्ञान यांची झपाट्याने होणारी वाढ तर दुसऱ्या बाजूला वाढत्या गरजांच्या प्रमाणात पुरवठा करण्यास दिवसेंदिवस असमर्थ बनत चाललेले पाण्याचे जुनेच साठे यामुळे गंभीर समस्या निर्माण होऊ लागल्या. पाणी कमी पड लागले म्हणून शास्त्रीय प्रगती थांबवायची का त्या प्रगतीला तशीच अप्रतिहत ठेवून निसर्गाला ताब्यात आणण्याचा प्रयत्न करावयाचा हा प्रश्न मानवासमोर उभा ठाकला. शास्त्रीय ज्ञानाच्या प्रगतीला अडसर घालण्याचा हा विचार केवळ दैवावर विसंबून राहणारा कर्मठ माणूसच करू शकेल. शास्त्रीय विषयाच्या अभ्यासकाने तसे करून चालणार नाही. शास्त्रज्ञाचे मन हे केव्हाही प्रगल्भच असावयाला हवे. ज्या बुध्दीच्या बळावर त्याने "विश्वामित्री प्रतिसृष्टी" निर्माण करण्यास सुरुवात केली त्याच बुद्धीच्या बळावर निसर्गात होणारे बदलही तो निश्चित थोपवू शकेल. त्यासाठी आवश्यक आहे तो फक्त अभ्यास,

निसर्गनियम व नैसर्गिक वस्तूंच्या गुणधर्मांचा सखोल अभ्यास. आपल्याभोवती अफाट पसरलेले विश्व ही एक प्रकारची प्रयोगशाळाच आहे. तिच्यात प्रत्यही होत असलेले सूक्ष्म स्वरूपाचे किंवा क्वचित् प्रसंगी एकदमच स्थूल स्वरूपात दृश्यमान् होणारे बदल हे विश्वात घडणाऱ्या क्रिया-प्रतिक्रिया, परस्परांमध्ये घडणारे संघर्ष आणि अजाणता किंवा बुध्दिपुरस्सर मानवी समुहांकडून केली जाणारी कृत्ये यांचा समाकलित परिपाक आहे. गेली कित्येक शतके शास्त्रज्ञ आपापल्या कुवतीप्रमाणे त्या बदलांचे अन्वयार्थ लावण्याचा अटोकाट प्रयत्न करत आहेत. अजुनही साऱ्या चमत्कारांचा उलगडा झालाच नाही. प्रख्यात नोबेल पारितोषिक विजेता शास्त्रज्ञ आइन्स्टाईन म्हणूनच एकदा म्हणाला की, "जगात अमर्याद, अनंत अशा दोनच गोष्टी आहेत. एक अफाट विस्तारलेले विश्व नि दुसरे म्हणजे विनाकारणच अहंकारी बनत चाललेल्या मानवाचे अज्ञान".

मानवाच्या या त्रुटीत सामर्थ्याची ओळख पटल्यामुळे शास्त्रज्ञांनी निसर्गात घडणाऱ्या घटनांचा व अस्तित्वात असलेल्या असंख्य गोष्टींचा साकल्याने विचार करावयाचे सोडून देऊन, एखाद्याच गोष्टीचा वा घटनेचा एका विशिष्ट दृष्टिकोनातून संपूर्ण अभ्यास करण्याची पद्धती शोधून काढली. या पद्धतीमुळे पदार्थविज्ञान, रसायनशास्त्र, गणितशास्त्र, अभियांत्रिकी, वैद्यक, जीवशास्त्र इ. अनेक राहुट्या निर्माण झाल्या. या राहुट्यातून पृथकतेने अभ्यास सुरू झाल्यामुळे एखाद्या विषयाची संपूर्ण ओळख करून घेण्याची इच्छा असूनही अवघड होऊ लागले. पाण्याच्या बाबतीत विचार केला तरी हेच दिसून येते. निरनिराळ्या विद्याशाखेत या विषयावर कितीतरी संशोधन झाले आहे. पण सर्वसामान्य माणसाच्या दृष्टिकोनातून बघितले म्हणजे दिसणारे चित्र मन उदास केल्याविना राहत नाही. जीवनापासून अलग करणे अशक्य म्हणूनच ज्याचे नाव 'जीवन' त्या पाण्याविषयीचे मानवाचे ज्ञान कीव करण्यासारखे आहे. याचा अर्थ, पाण्याविषयीचे ज्ञान करून घेण्याची मानवाची इच्छा नाही असा मात्र मुळीच नाही. उत्सुकता जरूर आहे. फक्त ती शमविली जात नाही हे कटू सत्य! आणि याचे कारण म्हणजे ही सर्व माहिती निरनिराळ्या ठिकाणी विखरून गेली असल्याने एकत्रितपणे कोठेही सापडत नाही. आरोग्यशास्त्राचा वा स्वास्थ्य अभियांत्रिकीचा अभ्यासू, जल-उद्यमात काम करणारे कर्मचारी किंवा कोणत्याही शास्त्रविषयाचा अभ्यास करणारा विद्यार्थी डोळ्यासमोर ठेवून त्याची उत्सुकता शमविली जावी ही दृष्टी हे पुस्तक लिहिण्यामागे आहे.

अनेक गोष्टींचा विचार केला जाणाऱ्या नेहमीच्या अभ्यासक्रमात पाण्याच्या बाबतीत 'अतिपरिचयात् अवज्ञा।' असे झाले आहे. भूतलावर पाणी येते कोठून? ते आहे तरी किती परिमाणात? शुद्ध पाणी, शुद्ध पाणी म्हणून ज्याच्याविषयी ओरड केली जाते ते निसर्गात सापडते कां? त्यात फक्त हैड्रोजन नि ऑक्सिजनचे अणूच असतात की त्याबरोबर आणखी काही खनिजे? मानवाला लागते ते हैड्रोजन व ऑक्सीजनचे केवळ अणू असलेले पाणी की त्यांच्याबरोबर इतर खनिजे असलेले पाणी? खनिजे कांही प्रमाणातच हवीत का, कितीही प्रमाणात असली तरी चालतील? एक ना दोन, असंख्य प्रश्न! या प्रश्नांना उत्तरे आणि तीही समाधानकारक रीतीने देण्याचा प्रयत्न कोणत्याही अभ्यासक्रमात केला जात नाही. अर्थातच् त्यामुळे त्या दृष्टीने लिहिलेली पुस्तकेही दुर्मिळ. पर्यावरणीय अभियांत्रिकीच्या विद्यार्थ्यांना शिकवत असताना भासमान झालेल्या अडचणीतून या पुस्तकाचा जन्म होत आहे. वास्तविक ही माहिती सर्वांनाच अगत्याची आहे. ह्या माहितीकडे अधिक लक्ष देण्याची जरूरी असून तसे ते दिले जात नाही ही वस्तुस्थिती आहे. मोठ्या खेदाची ही गोष्ट आहे. या व यासारख्या प्रश्नांना

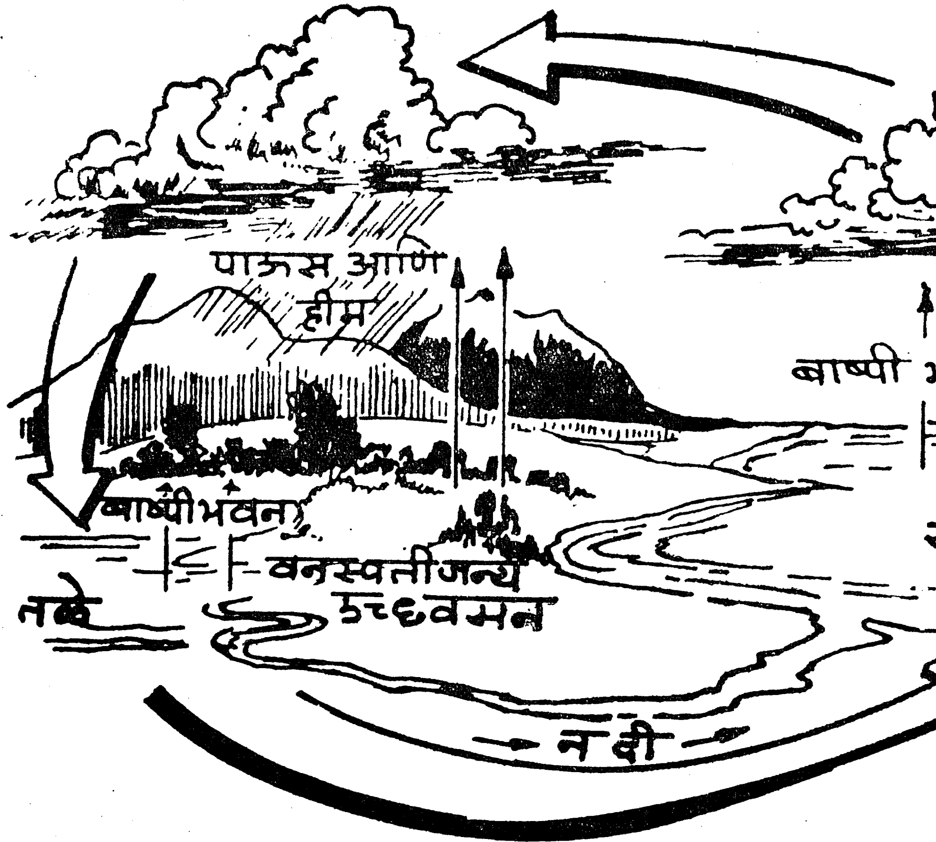
सर्वसाधारणपणे दिली जाणारी उत्तरे मासलेवाईक आहेत. 'नेमेची येतो मग पावसाळा, हे सृष्टीचे कौतुक जाण बाळा' हेच ते उत्तर. पण प्रत्यक्षात अलिकडे तो 'नेमेची' येतही नाही ! इतर प्रश्नांची उत्तरेही कांही वेगळी नाहीत. या उत्तरातून व्यक्त होणारा दृष्टिकोन स्थायी स्वरूपाचा आहे. आपल्या अभ्यासक्रमातील त्रुटी दूर व्हावी व सर्व-सामान्य मानवाची पाण्याबद्दलची उत्सुकता शमविली जावी या भावनेतून लिहिलेल्या या पुस्तकाचा स्वीकार होईल अशी आशा वाटते. मराठीत तरी असे पुस्तक अजून उपलब्ध नाही.

या प्रकरणात भूतल व त्याभोवतीचे वातावरण, त्यात निरनिराळ्या भौतिक स्वरूपात विभागले गेलेले पाणी, त्याच्या परिमाणात ऋतुमानानुसार घडून येणारे फेरबदल, जलचक्र व जागतिक भूमिकेवरून पाण्याचा होणारा वापर यांचा विचार केला आहे.

जलचक्र :

पाण्याच्या साठ्याचा विचार केला तर सूर्यमालेतील इतर कोणत्याही ग्रहापेक्षा पृथ्वीवर अधिक मेहेरनजर झालेली दिसते. वजनाने जड वायू व बाष्पयुक्त वातावरण पेलण्यास योग्य असे गुरुत्वाकर्षण बल फक्त पृथ्वीपाशीच असल्याने हे शक्य झाले आहे. याशिवाय सूर्यापासून १४९ दशलक्ष कि. मी. इतक्या लांबवर पृथ्वी असल्याने पुढील तीन स्वरूपात पाणी सापडणे शक्य बनले. पृथ्वी व आसमंतातील घन-द्रव-वायू या तीन स्वरूपात असलेल्या पाण्याचा काळजीपूर्वक अभ्यास केला तर बरीच उद्‌बोधक माहिती मिळते. समुद्र, बर्फाच्छादन, हिमनद्या, नद्या, तळी, मृत्तिकाकणांवर अधिशोषित झालेले पाणी व हवेतील बाष्प मिळून होणाऱ्या एकूण पाण्याच्या परिमाणापैकी ९७.२ प्रतिशत पाणी समुद्रात तर २.१५ प्रतिशत पर्वतराजींवरील बर्फाच्छादन व हिमनद्यात सापडते. उर्वरित पाण्यापैकी ९७ प्रतिशत सुपरिचित भूजलाच्या स्वरूपात उपलब्ध होते. निरनिराळ्या स्वरूपातील हे पाण्याचे प्रमाण सर्वसाधारणतः जरी तितकेच राहत असले तरी ऋतुमानाप्रमाणे पाण्याच्या स्थितीत सदैव बदल होत असल्याने पाणी 'बदलते' राहते. सूर्याच्या प्रखर उष्णतेमुळे समुद्रजल व पृष्टीय जल तप्त होऊन त्याची वाफ बनते व ती वातावरणात मिसळून पृथ्वीपासून उंच उचलली जाते. हवामानातील फरकामुळे वाफेचे ढग—"जलद" बनतात. कालांतराने हे जलद, पर्जन्यवृष्टी करून, ग्रीष्माने भाजून निघालेली धरित्री श्रान्त करतात. पर्जन्यातील काहीं भाग जमिनीवर पडून प्रवाहाच्या स्वरूपात भूपृष्ठावर दृश्यमान होऊन पृथ्वीला 'सुजला सुफला' करतो तर थोडासा भाग जमिनीत झिरपून भूजलाच्या रूपाने मानवास उपलब्ध होतो. हे सारे पाणी आपला वाहण्याचा गुणधर्म स्मरून सरतेशेवटी समुद्रार्पण होते. या साऱ्या स्थित्यंतराला 'जलचक्र' असे संबोधितात. (आकृती १–१).

हे जलचक्र, पाण्याचे बाष्पीभवन होण्यासाठी सौरशक्तीवर, वाफेचे ढग बनण्यासाठी व ढगातून पर्जन्यस्वरूपात पडण्यासाठी वातावरणीय परिसंचरणावर अन् जमिनीत पाणी साठवून ठेवण्यासाठी पृष्ठीय धारणक्षमतेवर अवलंबून असते. वाफेच्या स्वरूपात सापडणारे पाणी कोणत्याही एका क्षणी पृथ्वीच्या सर्व भागावर समप्रमाणात पडले तर पृथ्वीवर २.५ सें. मी. जाडीचा पाण्याचा थर निर्माण करू शकेल. संपूर्ण वर्षात मिळून वाफेत रुपांतरित होणारे पाण्याचे परिमाण ५२०,००० घन कि. मी. इतके आहे. त्यापैकी ४४९,००० घन कि. मी. इतके पाणी समुद्रात आहे. अंदाजे ६१,००० घन कि. मी. पाणी भूजल, तळी,



आकृती १.१ : जलचक्र

प्रवाह इत्यादीमधून वाफेच्या स्वरूपात वातावरणात फेकले जाते. सारणी १-१ मध्ये पृथ्वी, समुद्र व इतर जलाशय यांच्यात सापडणारे पाण्याचे आकारमान व निरनिराळ्या प्रक्रियांमुळे त्यात होणारी घट, घटीचा वार्षिक दर वगैरे दाखविले आहे.

पाण्याचे अनेकविध उपयोग :

पृथ्वी व आसमंत यात निरनिराळ्या स्वरूपात सापडणारे पाणी अनेकविध प्रकाराने मनुष्यमात्राच्या संबंधात येते. थोडक्यात उल्लेख पुढीलप्रमाणे करता येईल :—

पाणी म्हणजेच,—

* जीवसृष्टीची आत्यंतिक गरज—जीवन.
* प्राणिमात्रांच्या पोषणासाठी लागणाऱ्या अन्नधान्याचे उत्पादन सुलभ करणारे माध्यम.
* औष्णिक विद्युत्शक्तीसाठी आवश्यक असे महत्त्वपूर्ण साधन.
* शीतक, प्रक्षालक व तनुकारक असे द्रावण.
* नागरी वस्तीतील वाहित मल व अन्य अपशिष्टे वाहून नेणारे साधन.
* नौकानयन शक्य करणारे आवश्यक माध्यम.
* सौंदर्यदृष्टीला सुखविणारे व मनोरंजनाला साधनभूत ठरले जाणारे माध्यम.
* संक्रामक रोगांचा प्रसार होण्यास सहाय्यभूत होणारे एक साधन.
* त्रासदायक व उपद्रवकारक अशा जीवकोषिकांना व प्राणिमात्रांना उदार आसरा देणारे एक आश्रयस्थान.

यांपैकी प्रत्येकाचा विचार साकल्याने पुढील प्रकरणांतून केलेला आहे. पुढील परिच्छेदात जागतिक भूमिकेतून पाण्याचे महत्त्व दाखविले आहे.

जागतिक लोकसंख्या व पाण्याची मागणी :

१९७० साली झालेल्या जनगणनेनुसार पृथ्वीची एकूण लोकसंख्या ३०० कोटी इतकी आहे. प्रतिदिनी २ लक्ष 'अधिक मानवांची' त्यात येवून पडणारी 'भर' लक्षात घेतली तर इ. स. २००० मध्ये ही लोकसंख्या बरोबर दुप्पट म्हणजे ६०० कोटी होईल. या भरीमुळे पाण्याची मागणी भरमसाठ वाढेल. मात्र ती मागणी, १९७० साली असलेल्या गरजेच्या दुपटीत न वाढता अनेकपटीत वाढलेली असेल. वापरलेल्या पाण्यापैकी रासायनिक प्रक्रियेत प्रत्यक्ष भाग घेणारे पाणी सोडले तर इतर पाणी म्हणजे स्नानासाठी, पिण्यासाठी, सिंचाईसाठी किंवा उद्योगधंद्यासाठी उपयोजिलेले पाणी संपूर्णतः कधीच वापरले जात नाही. अशुद्ध स्वरूपात ते पुन्हा जलचक्राला कोठे ना कोठे तरी जाऊन मिळतेच. काही काळापुरते ते वितरणयोग्य होत नाही इतकेच ! म्हणजे पाण्याचा 'एकूण पुरवठा' (पृथ्वीवरील पाण्याचा एकूण साठा) ही समस्या तेवढी गंभीर नसून त्या पाण्याचे 'योग्य वेळी, योग्य भागात, योग्य तऱ्हेने वितरण' होणे ही खरी गंभीर समस्या आहे. सुरुवातीस वसतीसाठी जागेची निवड करताना मुबलक पाणीपुरवठा असलेली जागा निवडली जाते.

कालांतराने तेथेच मोठमोठी शहरे व औद्योगिक वसाहती स्थापन होतात. वापरल्यामुळे निरुपयोगी बनलेले पाणी अपशिष्टांच्या वा वाहित मलाच्या स्वरूपात बाहेर फेकले जाते. हे पाणी, पुरवठा होत असलेल्या पाण्यात मिसळल्याने दूषित बनते व त्यामुळे वितरणात व पाणीपुरवठा कार्यात अडचणी निर्माण होतात.

१९६४ साली केलेल्या सर्वेक्षणाप्रमाणे ग्रामीण विभागात व नागरी विभागात होत असलेल्या पाणीपुरवठ्याची कल्पना पुढील आकडेवारीवरून येऊ शकते :—

ग्रामीण विभाग :

एकूण लोकसंख्या—११० कोटी.

सार्वजनिक पाणीपुरवठा नसलेली लोकसंख्या—८०० द. लक्ष.

सार्वजनिक नळापासून सामायिक रीतीने एकाच ठिकाणी होत असलेल्या पाणीपुरवठ्याचा उपभोग घेणारी लोकसंख्या—३०० द. लक्ष.

नळामार्फत स्वतंत्र रीतीने घरोघर होत असलेल्या पाणीपुरवठ्याचा उपभोग घेणारी लोकसंख्या—अत्यल्प.

नागरी विभाग :

कोणत्याही स्वरूपाचा पाणीपुरवठा नसलेली लोकसंख्या—१४० द. लक्ष.

सार्वजनिक पाणीपुरवठा नसलेली लोकसंख्या—९०० द. लक्ष.

सार्वजनिक पुरवठ्यामार्फत एकाच ठिकाणी पाणीपुरवठा होत असलेली लोकसंख्या—४५५ द. लक्ष.

सार्वजनिक पुरवठ्यामार्फत घरोघर पाणीपुरवठा होणारी लोकसंख्या—१७० द. लक्ष.

भारतामधील पाणीपुरवठा :

भारतामधील पाणीपुरवठा बव्हंशी नद्या, तळी व भूजल (विहिरी) यांच्यामार्फत होतो नद्या, तळी यांच्यातील पाण्याचे परिमाण व भूजलाचे परिमाण हे सर्वस्वी पावसाच्या परिमाणावर अवलंबून असते. भारतातील पाऊस हिंदी महासागरात निर्माण होणाऱ्या नैऋत्य मान्सून वाऱ्यांमुळे पडतो. हे वारे जून ते सप्टेंबर या महिन्यात निर्माण होत असल्याने पाऊसही तेवढ्याच कालावधीपुरता मर्यादित राहतो. त्यातूनही हा पावसाळा नियमित असता तर गोष्ट वेगळी राहिली असती. परंतु वर्षावर्षाची अनियमितता बरेच प्रश्न उपस्थित करते. एखाद्या वर्षी निर्माण होणारे पाण्याचे दुर्भिक्ष्य (दुष्काळ) हे यामुळेच असते. या साऱ्या गोष्टी भारतामधील पाणीपुरवठ्याचा विचार करत असताना सतत लक्षात ठेवावयाच्या असतात.

खाली दिलेली आकडेवारी भारत सरकारच्या स्वास्थ्य आणि कुटुंबनियोजन मंत्रालयाचे 'जन स्वास्थ्य आणि पर्यावरणीय अभियांत्रिकी' साठी, नियुक्त केलेले सल्लागार, श्री. जे. एम्. दवे यांनी 'इंडियन वॉटर वर्क्स ॲसोसिएशन्' च्या १९७३ सालच्या पाचव्या अंकात प्रसिद्ध केलेल्या लेखामधून घेतली आहे.

नागरी विभाग :

एकूण शहरांची संख्या—२,९२१ (१९७१ च्या सर्वेक्षणाप्रमाणे). ३१ मार्च १९७१ पर्यंत निर्धोक पाण्याचा सार्वजनिक पुरवठा होत असलेली शहरे १,२८१.

चौथ्या पंचवार्षिक योजनेअखेर सार्वजनिक निर्धोक पाणीपुरवठा होऊ शकणारी एकूण शहरे—१,६४७. (सारणी १—३ पहा.)

ग्रामीण विभाग :

या विभागात राहत असलेल्या लोकसंख्येचे भारतातील एकूण लोकसंख्येशी प्रतिशत प्रमाण—८० टक्के.

एकूण खेड्यांची संख्या—५,७६,००० (१९७१ च्या सर्वेक्षणाप्रमाणे).

यापैकी १,५२,००० खेडी 'समस्याप्रधान' म्हणून ओळखली जातात. १,५२,००० खेड्यांपैकी ९०,००० खेड्यांमध्ये २ कि. मी त्रिज्येच्या परिसरात किंवा ५० फूट खोलीपर्यंत पुरवठा करण्यास पाणीच उपलब्ध नाही. राहिलेल्या ६२,००० खेड्यातील लोक कॉलरा, नारु व इतर जलवाहित रोगांमुळे सतत पछाडलेले असतात. ही समस्याप्रधान १,५२,००० खेडी वगळली तर बाकी राहिलेल्या ४,२४,००० खेड्यात पाणीपुरवठा करता येण्यासारखी स्थिती असल्याचे दिसून येते. या खेड्यांपैकी २०,००० खेड्यात ३१ मार्च १९७१ पर्यंत पाणीपुरवठ्याच्या सोयी उपलब्ध करून देण्यात आल्या आहेत. चौथ्या पंचवार्षिक योजनेच्या अखेरीस हा आकडा एकूण ३६,००० चे लक्ष्य गाठू शकेल. याचा अर्थ, त्यावेळीही पाणीपुरवठा होत नसलेल्या खेड्यांची संख्या कैक लाखात असेल. पाण्याच्या मूलभूत गरजेसाठीही कळशी घेऊन मैलोगणती रखडपट्टी करणारे लोक त्यावेळीही दिसतीलच.

महाराष्ट्रातील पाणीपुरवठा* :

एकूण लोकवस्ती—५०,३३५,४९५.

नागरी लोकवस्ती १५,७०३,४०३. या लोकवस्तीपैकी ३१ मार्च १९७२ पर्यंत १३,९०९,००० एवढ्या लोकसंख्येला संरक्षित स्वरूपाचा नळाद्वारे पाणीपुरवठा होतो. अजुनही पाणीपुरवठा होत नसलेली नागरी लोकसंख्या १७,९४०,००० एवढी आहे.

ग्रामीण लोकवस्ती ३४,६३२,०८९. या लोकवस्तीपैकी फक्त सहा लाख लोकवस्तीस संरक्षित स्वरूपाचा पाणीपुरवठा (३१-३-१९७२) ला उपलब्ध होता.

---

*महाराष्ट्र सरकारच्या सचिवालयातून संबधित अधिकाऱ्यांकडून १८ ऑगस्ट १९७२ ला प्रस्तुत लेखकाला आलेल्या पत्राच्या आधारे.

भौगोलिक रचना, पाण्याचे असमान वाटप व त्यामुळे उत्पादनावर होणारा परिणाम :

भौगोलिक रचनेमुळे निसर्गत:च झालेले पाण्याचे असमान वाटप हा देखील पाणीपुरवठ्याच्या संदर्भातून लक्षात घेण्याजोगा असा एक अतिगंभीर प्रश्न आहे. पृथ्वीवरील एक-तृतीयांशाहून अधिक भू-भाग असा आहे की, तेथील मानवी प्रयत्नांना केवळ पाण्याच्या दुर्भिक्षतेमुळे खीळ बसली आहे. पाणीच उपलब्ध नसल्याने शेती, दुग्धव्यवसाय यांची भरभराट होऊं शकत नाही. कोणतीही औद्योगिक उभारणी करणे केवळ अशक्य होऊन बसते.

पृथ्वीचा अंदाजे २१ प्रतिशत भाग पूर्णत: 'कोरडा' आहे. १५ प्रतिशत भाग 'कमी-अधिक प्रमाणात कोरडा' आहे आणि निश्चित स्वरूपाचा पाणीपुरवठा असलेल्या क्षेत्राचा विचार केला तर ते खूपच विस्तृत असे पसरलेले आहे. या साऱ्या गोष्टींचा परिणाम म्हणूनच की काय कोणताही दोष नसताना उपासमारीने होणारे मृत्यु थांबू शकत नाहीत. जगाच्या निरनिराळ्या भागातून उपासमारीची उदाहरणे दरवर्षी आढळून येतात. ही उपासमार थांबविणे कोणत्याही एका देशाला अशक्य आहे. एवढ्याचसाठी सर्व देशांनी एकत्र येऊन या उपासमारीविरुद्ध 'ॐ सह नाववतु, सह नौ भुनक्तु' अशी वृत्ती धारण करून एकत्रितपणे प्रयत्न चालविले पाहिजेत. तसे ते चालूही आहेत. या जागतिक प्रयत्नात पाण्याचा योग्य व नियंत्रित वापर करण्यावर फार कटाक्ष आहे. पाटबंधाऱ्यावर अवलंबून असलेल्या शेतीसाठी पाण्याचा उपयोग फार व्यापक प्रमाणावर होतो. पृथ्वीवरील एकूण एक हजार कोटी हेक्टर जमिनीपैकी १२ प्रतिशत जमीन मशागतीखाली असून त्यापैकी १५० कोटी हेक्टर जमीन पाटबंधाऱ्याच्या सहाय्याने भिजविली जाते. वाढणाऱ्या लोकसंख्येसाठी अन्नोत्पादन वाढवावयाचे असेल तर,--

(१) दर हेक्टरी उत्पन्न तरी वाढवावयाला हवे अगर--

(२) नवीन जमीन ओलिताखाली तरी आणायला हवी.

या दोन्हीही गोष्टी करणे शक्य आहे, पण त्यासाठी पाण्याचे नवीन साठे उपलब्ध करणे व पाण्याचा उपयोग अधिक किफायतशीर होण्यासाठी नवीन तंत्र विकसित करणे अत्यावश्यक आहे.

जमिनीतून अन्नोत्पादन करण्यासाठी ज्याप्रमाणे पाण्यावर संशोधन करणे आवश्यक आहे त्याप्रमाणेच माशांचे (fishes) व पाणवनस्पतीचे उत्पादन वाढविण्यासाठी पाण्याची गुणवत्ता अधिक बारकाईने लक्ष ठेवून कायम एका प्रतीची राखणे जरूरी आहे.

पाणी व आरोग्य :

शुद्ध व आरोग्यप्रद पाणी ही माणसाची आत्यंतिक गरज आहे. अन्न, वस्त्र, निरनिराळी स्वातंत्र्ये ही घटनेत मूलभूत हक्कात अंतर्भूत केली असली तरी त्यांची महती मानवी जीवित लक्षात घेता शुद्ध हवा, शुद्ध पाणी व एकांत यांच्यापेक्षा अधिक निश्चितच नाही. ग्रामीण व नागरी विभागात राहणाऱ्या लोकांचे आरोग्यमान बहुतांशी ते पीत असलेल्या पाण्यावर अवलंबून असते. म्हणूनच तर 'औषधं जान्हवीतोयं' असं म्हटले जाते. पीण्यासाठी व सार्वजनिक आरोग्यासाठी वापरेले जाणारे पाणी बऱ्याच वेळी मानवाच्या स्वास्थ्यावर

व क्रियाशीलतेवर अनिष्ट परिणाम घडवून आणते. पिण्याच्या पाण्याची कमतरता हा जवळजवळ सर्व देशांचाच प्रश्न असला तरी विकसनशील देशात तो अधिकच उग्र आहे. 'स्वतंत्र' जगातील जवळजवळ १०० कोटी लोकांना निर्धोक पाणी मिळत नाही. अर्थातच त्यामुळे, त्यापैकी बरेचसे लोक या ना त्या जलवाहित रोगाने कधी काळी पछाडले जातात. त्यातील जवळपास १० दश लक्ष माणसे मृत्युमुखी पडतात. या बळींमधील सिंहाचा वाटा लहान निष्पाप अर्भकांचा असतो हे विसरून चालणार नाही. आमांश, विषमज्वर, पटकी, जठरांत्रदाह हे दुषित वा अस्वच्छ पाण्यामुळे होणारे रोग सुपरिचित आहेत. अस्वच्छ पाण्यामुळे काही रोग फैलावण्यास मदत होते—उदा. हिवताप. पुरेसा, सुरक्षित व निर्धोक पाणीपुरवठा करणे ही जगाची आजची निकड आहे. हे प्रदूषण घरगुती वाहित मल व औद्योगिक अपशिष्ट यामुळे होते.

ज्याप्रमाणे मानवाच्या आयुष्याशी व सुखाशी निगडीत असलेल्या पाण्याचा विचार केला जातो त्याचप्रमाणे औद्योगिक प्रक्रियांच्या बाबतीतही गरज असलेल्या पाण्याचा विचार करणे आवश्यक आहे. कारखान्यात विविध कारणांकरिता पाण्याचा उपयोग होतो. जवळजवळ सर्व रासायनिक प्रक्रियांमध्ये पाण्याचा उपयोग होतो. औद्योगिक प्रक्रियांमधे वापरले जाणारे पाण्याचे परिमाण किती असते हे पुढील उदाहरणांवरून स्पष्ट होईल:—

(१) एक पिप तेलाचे शुद्धीकरण करण्यासाठी १८ पिपे पाणी आवश्यक असते.

(२) एक पिप बिअरसाठी १,४०० लिटर पाणी लागते.

* (३) ३५,००० मे. टन साखर दर वर्षाला तयार करणारा कोपरगांव येथील साखर कारखाना प्रतिदिन २७,७२,००० लि. इतके पाणी वापरतो व तेवढ्याच वेळात २३,७७,००० लि. पाणी औद्योगिक अपशिष्ट म्हणून बाहेर टाकतो.

*(४) महाराष्ट्रातील एक कागद कारखाना दरमहा ७५० मे. टन इतका कागद तयार करतो व त्यासाठी प्रतिदिन ६८,५०,००० लि. इतके पाणी वापरतो. त्यापैकी ६५,०४,५०० लि. पाणी औद्योगिक अपशिष्ट म्हणून बाहेर पडते.

तेलशुद्धीकरण, मोटारी, प्लास्टिक, काच कारखाना यासारख्या कारखान्यातही पाण्याचा अमाप वापर होतो. (सारणी १-२ पहा). यात समाधानाची गोष्ट एवढीच की हे सारे पाणी 'Water used is water lost.' या तत्त्वाप्रमाणे पूर्णत: वापरले जात नसल्याने योग्य ती उपचारणप्रक्रिया करून पुनर्वापरात आणता येते. अशा या बहुगुणी, बहुउपयोगी पाण्याचे बरेचसे पैलू अभ्यासनीय आहेत.

प्रति माणशी पाणीपुरवठा :

लोकसंख्येच्या आकारावर आधारित पाण्याच्या आवश्यक राशी पर्यावरणीय आरोग्य समितीने (Environmental Hygiene Committee) शिफारसित केलेल्या असून त्या खाली दिल्या आहेत. सारण्यात (क्र. १-२, १-२/अ) दिलेले आकडे "Basic Requirements of Water-Supply, Drainage and Sanitation (IS : 1172-1971)" या पुस्तकातून उद्धृत केले आहेत.

---

*११ व्या मराठी विज्ञान परिषदेच्या अध्यक्षीय भाषणात डॉ. पु. ज. देवरसांनी दिलेली माहिती.

सारणी १.२ : गृहोपयोगी कामांसाठी आवश्यक पाण्याचे परिमाण *

लोकसंख्या (१)	पाण्याचे परिमाण लिटर/माणूस/दिन (२)
१०,००० पर्यंत	७० ते १००.
१०,००० ते ५०,०००	१०० ते १२५.
५०,००० पेक्षा अधिक	१२५ ते २००.
ज्याठिकाणी घरोघर नळाने पाणीपुरवठा होत नसून एका सार्वजनिक विहिरीपासून हातपंपांच्या सहाय्याने पाणीपुरवठा केला जातो अशा ग्रामीण विभागात.	४० लिटरपेक्षा कमी नसावा.

* या परिमाणांचा विचार करत असताना अगृहोपयोगी (non-domestic) कामांचा अंतर्भाव करावयाच्या वेळी स्थानिय कारणांचा विचार होणे अगत्याचे आहे. या परिमाणात पिण्याचे पाणी, स्नान, बागकाम, संडासातील प्रक्षाळण इत्यादींचा अंतर्भाव आहे. अग्नीशामक कर्तव्यासाठी लागणारे पाण्याचे परिमाण खालील सूत्रावरून परिकलित केले जाते. फक्त या सूत्राचा वापर लोकसंख्या जेव्हा ५०,००० हून अधिक असते तेव्हा केला जातो.

पाणी : किलोलिटर/प्रति दिन $= १०० \sqrt{P}$

(P = हजारातील लोकसंख्या.)

सारणी १.२ (अ) : पाण्याच्या परिमाणांबाबत विविध संस्थांच्या आवश्यक गरजा *

संस्था (१)	लिटर/प्रति माणूस/प्रति दिन (२)
(१) इस्पितळे (धुलाई केंद्रे अंतर्भूत)—	
(अ) १०० पेक्षा जास्त खाटा	४५५
(आ) १०० पेक्षा कमी खाटा	३४०
(२) खाणावळी (निवासी)	१८० प्रति खाट.
(३) उपाहारगृहे	७० प्रति आसन.
(४) छात्रावास	१३५
(५) परिचारिकांची घरे व वैद्यकीय निवासस्थाने	१३५
(६) शाळा व महाविद्यालये	१३५
(७) विमानतळ/बंदरे	७०
(८) स्थानके (मेल/एक्सप्रेस/बसेस थांबतात अशी ठिकाणे).	७०
(९) कचेऱ्या	४५
(१०) कारखाने	४५ जेथे स्नानगृहांची आवश्यकता नाही तेथे हे परिमाण ३० पर्यंत खाली आणता येईल.
(११) चित्रपटगृहे/नाटयगृहे/नृत्यालये ..	१५

* Manual of water-supply and treatment 1977. या पुस्तकातून.

सारणी १.२ (आ): विविध उपयोगां करिता आवश्यक पाण्याचे परिमाण*

उपयोग	एकक	परिमाण लिटर पाणी/एकक
१ डेअरी व दुग्धजन्य पदार्थ ..	१,००० कि. ग्रॅ. दूध प्रक्रियित करण्यास	१,८००-३,४००
२ खाटीक खाने ..	१०० जनावरे मारण्यासाठी ..	२,४७५
३ अल्कोहोल	लिटर	१००
४ डबाबंदी	१०० डबे	
गाजर, वाटाणे ..	,, ..	२,२५०
ग्रेपफ्रुट रस	,, ..	३,३७५
टोमॅटो	,, ..	३,३७५
५ सिमेंट	टन	४,०००
६ साबण कारखाने ..	टन	२,२५०
७ कातडी कमाविणारे कारखाने	१०० कि. ग्रॅ. कातडे ..	८,०००
८ कापड कारखाने (सुती कापड)	१०० कि. ग्रॅ. कापड प्रक्रियित करणे	
सायझिंग	,, ..	८,२००
डिसायझिंग ..	,, ..	१७,५००
कियरिंग	,, ..	१२,४००
ब्लिचिंग	,, ..	३,०००
सोअरिंग	,, ..	३,४००
मर्सिरायझिंग ..	,, ..	३००,०००
रंगकाम	,, ..	६४,०००—१८०,०००
कापड कारखाने (रेयॉन कापड)	१,००० कि. ग्रॅ. प्रक्रियित करण्यास	१,६००
कापड कारखाने (लोकरी कापड)	कि. ग्रॅ.	७००

* 'वाटर ट्रीटमेंट फॉर इंडस्ट्रीअल अँड अदर युसेस' या एस्केल नॉर्डेलने लिहिलेल्या पुस्तकातून-पाने १५२—१५४.

सारणी १.३ : भारतामधील नागरी पाणीपुरवठ्यासंबंधातील आकडेवारी (प्रांतशः)*

प्रान्त वा राज्य/ केंद्रशासित प्रदेश (१)	एकूण नगरे (२)	लोकसंख्या लक्षांत (३)	नळावाटे पाणीपुरवठा होत असलेली एकूण नगरे (४)	लोकसंख्या लक्षांत (५)
१ आन्ध्र	२०७	८४.०२	७९.००	५५.००
२ आसाम ..	६९	१२.८९	१४.००	२.४६
३ बिहार	१६१	५६.३४	६७.००	२५.०९
४ गुजराथ ..	२१६	७४.९७	१०२.००	६३.४९
५ हरियाणा ..	६५	१७.७३	६१.००	१३.४४
६ हिमाचल ..	३५	२.४२	३४.००	२.३८
७ जम्मू व काश्मिर ..	४५	८.५८	४५.००	८.००
८ कर्नाटक ..	२३५	७१.२२	१८०.००	६३.००
९ केरळ	८८	३४.६६	४९.००	१६.३१
१० मध्यप्रदेश ..	२४३	६७.८५	९२.००	४५.००
११ महाराष्ट्र ..	२८९	१५७.११	१७३.००	१४१.००
१२ मणिपूर ..	८	१.४१	४.००	१.२२
१३ मेघालय ..	६	१.४७	४.००	०.५६
१४ नागालँड ..	३	०.५१	३.००	०.२९
१५ ओरिसा ..	८०	१८.४५	६०.००	१२.७०
१६ पंजाब	१०८	३२.१६	५३.००	२२.०६
१७ राजस्थान ..	१५७	४५.४४	१५१.००	४०.००
१८ तामिळनाडू ..	४३९	१२४.६५	१७०.००	९५.००
१९ त्रिपुरा ..	६	१.६२	२.००	०.७२
२० उत्तर प्रदेश ..	२९३	१२३.८९	१८०.००	८७.२०
२१ प. बंगाल ..	१४०	१०९.६७	४१.००	९२.००
२२ अंदमान, निकोबार	१	०.२७	१.००	०.२६
२३ अरूणाचल ..	४	०.१७	..	..
२४ चंदीगड ..	१	२.३३	१.००	२.३३
२५ दाद्रा, नगरहवेली ..	..	..	..	..
२६ दिल्ली	१	३६.४७	१.००	३६.४७
२७ गोवा, दिव, दमण ..	१३	२.२७	११.००	२.०५
२८ लक्षद्वीप ..	..	..	..	..
२९ मिझोराम ..	२	०.३८	१.००	०.२०
३० पाँडेचरी ..	६	१.९८	६.००	१.२८

* पब्लिक हेल्थ इंजीनियरिंग बुलेटीन, मे-जून १९७६.

प्रकरण २

जीवसृष्टी अन् पाणी यांचे अन्योन्य संबंध

जीवसृष्टीची उत्पत्ती झाली तीच मुळी पाण्यात ! जीवसृष्टीतील प्रत्येक घटकांचा अगदी त्याच्या जन्मापासून पाण्याशी संबंध आलेला आहे. अनेक पुराव्यांच्या सहाय्याने सिद्ध झालेल्या या जीवशास्त्रीय सिद्धान्ताला प्राचीन संस्कृत वाङ्मयातही बराच आधार सापडतो. 'अप एव ससर्जादौ तासू बीजमवासृत् ।' (मनुस्मृति१) हे वचनही हेच सांगते की, आधी पाणी निर्माण केले व नंतर त्यात जीव जन्मास घातले. पाण्याला समानार्थी असलेल्या 'जल' या शब्दाची व्युत्पत्ती बघितली तरी याच सिद्धान्ताची यथार्थता पटवून द्यावयास मदत झालेली दिसते. जल म्हणजे 'जायते अस्मात्' यातून सर्व जन्म पावतात; व 'लीयते अस्मिन्' यातच सर्व विलीन होतात.

वनस्पतिविभाग वा प्राणिविभाग ही मानवाने आपल्या सोयीसाठी केलेली जीवसृष्टीची अगदी कृत्रिम विभागणी आहे. पाण्याच्या दृष्टिकोनातून ही दोन्हीही त्याचीच लेकरे ! वनस्पतिसृष्टी काय किंवा जीवसृष्टी काय, त्यांच्यातील पहिला जीव-मूळजीव—(दोन्हींचा पूर्वज)—हा एकच आणि तो होता 'जलचर'. प्राणिसृष्टीत दिसणारे भूचर (जमिनीवर राहणारे) वा 'खेचर' (अवकाशात उडू शकणारे) ही त्यांची मागाहून झालेली विकसित स्वरूपे आहेत.

परमेशाला संतुष्ट राखण्यासाठी मानवाने नवविधा भक्तीचा वापर केला. पाण्याने देखील त्याच रीतीने नवविध प्रकारांनी मानवावर अनुग्रह चालू ठेवला आहे (प्रकरण १ पहा). या नवविध प्रकारांची ओळख करून घेण्यापूर्वी मानवाचा किंवा एकूण जीवसृष्टीचा पाण्याशी किती घनिष्ट संबंध आहे हे पाहणे मनोरंजक ठरेल.

वनस्पतिसृष्टी :

कित्येक हजार वर्षांपूर्वी झालेली जीवसृष्टीची उत्पत्ती समुद्राच्या पाण्यावर तरंगणाऱ्या एककोषिक शैवालसदृश वनस्पतीपासूनच झाली असा दृढ समज आहे. यातूनच पुढे प्राणि-सृष्टी व जमिनीवर वाढणाऱ्या बहुकोषिक वनस्पती उत्क्रांत झाल्या.

शेवाळे पाण्याविना जगूंच शकत नाही. याचसाठी त्यांना पाणवनस्पती म्हणून ओळखले जाते. पाण्याच्या सतत संपर्कात असल्याने या वनस्पतींच्या कोषिका पाणी शोषून घेतात व त्यामार्फत जीवनावश्यक अन्नद्रव्ये मिळवितात. कोषिकांमधील पाण्याचे प्रमाण खूप म्हणजे त्यांच्या वजनाच्या ९५ प्रतिशत इतके असते.

वनस्पती विभागातील निरनिराळ्या जातींच्या वनस्पतींचा सखोल अभ्यास केल्यास एक गोष्ट ठळकपणे दिसून येते की, वनस्पतींचा आकृतिबंध मुख्यत्वेकरून पाण्याच्या न्यूनतेवर,

आधिक्यावर किंवा ते मिळण्याच्या सुलभतेवर अवलंबून असतो. बहुकोषिक वनस्पतीं-मधील सर्व प्रकारचे संचरण पाण्याच्या माध्यमामुळेच सुलभ होते. जीवनावश्यक द्रव्यांच्या कार्बोहायड्रेट अगर पिष्टमय पदार्थ, प्रथिने, स्निग्ध पदार्थ—निर्मितीसाठी लागणारी खनिजे झायलेम उतकांमधून मुळांपासून पानापर्यंत पोहोचविण्यासाठी किंवा वर उल्लेखिलेले उपज-पदार्थ पानांपासून मुळापर्यंत फ्लोएम उतकांमधून पोहोचविण्यासाठी पाणी अत्यावश्यक असे माध्यम आहे. याच कारणामुळे पाण्याच्या राशीचा-परिमाणाचा झाडांच्या आकृती-बंधावर प्रभाव पडतो. पाण्याची दुर्मिळता, वनस्पतींना आपला जीवनपट एका वर्षा-पुरताच सीमित करावयाला भाग पाडते. पावसाळ्यात एकदाच मिळणाऱ्या पाण्याचा या वनस्पती पुरेपुर उपयोग करून घेतात. त्या बहरतात, फुलतात, फळतात आणि वर्षा-अखेरीस जळून जातात. वंश खंडित होऊ नये म्हणून बिया तेवढ्या मागे ठेवून जातात. त्या मात्र पाण्याशिवायही जगू शकतात. या वनस्पती आयुष्याच्या उभारीत एखाद्या कृपणाप्रमाणे पानाचा तळवा उघडा न करता मूठ वळल्यासारखा छोटा करून ठेवतात. तसे करणे भागच असते त्यांना नाहींतर मोठा पृष्ठभाग सूर्याला संमूख राहिल्यास पारश्वसना-वाटे खपसे पाणी नाहक बाहेर नाही कां फेकले जाणार? पानांची जागा काट्यांसारख्या लहान अवयवांनी घेतलेल्या जशा वनस्पती असतात तशाच पानांऐवजी पाण्याचा साठा करण्यास खोडांच्या रचनेत बदल करणारे निवडुंगही कांही कमी नाहीत. झुडूपे, झाडे किंवा वृक्ष यांचा डौल देखिल ठरविते ते जमिनीतील पाणीच. दृश्यभागाचा ताठा त्यांच्याच (पाण्याच्या) हातात असतो. जमिनीवरील झाडांची ऊंची जितकी अधिक तितक्या अधिक प्रमाणात पाणी मिळविण्यासाठी त्या झाडाला आपली मुळे जमिनीत अधिक लांबवर पसरावी लागतात. भूगर्भात पाण्याचा साठाच नसेल तर झाडाचा ताठा राहणार कसा? रायवृक्षाच्या बाबतीत असे आढळून आले आहे की, उंची व ताठा कायम ठेवण्यासाठी त्याच्या मुख्य मुळाला हजार इतके दुय्यम लहान लहान मूलरोम फुटतात व त्यांच्यामुळे ६०० कि. मी. जागा व्यापू शकतील एवढे मोठे मुळांचे जाळे जमिनीत तयार होते. वाढ होत असलेल्या कोणत्याही एका मोसमात एक झाड त्याच्या वजनाच्या २० पट पाणी शोषून घेते.

प्राणिसृष्टी :

प्राणिसृष्टीच्या बाबतीत जलचरापासून भूचरापर्यंत (मासे-बेडुक-मानव) झालेले स्थित्यंतर 'पुनरावर्तन सिद्धान्ताच्या' रूपाने मानवी आयुष्यात स्पष्टपणे दिसून येते. गर्भा-शयात असताना पाण्याच्या आवरणात सुरक्षित असलेला 'अवलंबित जीव' जेव्हा मुक्त आयुष्य व्यतित करण्यासाठी मातेच्या उदराबाहेर येतो तेव्हा त्याचे जलचरातून भूचरात रूपान्तरच झालेले असते. भूचरात रूपांतर झाल्यानंतरही "जित्याची खोड मेल्या-शिवाय जात नाही" या न्यायाने मानवाचा पाण्याशी असलेला संबंध तसाच अतूट राहतो. जिवंत असेपर्यंत मानवी देहातील चैतन्याची ग्वाही देते ते रक्तरूपाने सळसळणारे पाणीच! हवेचा एकमेव अपवाद सोडल्यास माणसाच्या आयुष्यात पाण्याइतके अनन्यसाधारण महत्त्व कुठल्याही अन्य पदार्थाला देता येणार नाही. हवा, पाणी व अन्न या दैनंदिन जीवनात वापरल्या जाणाऱ्या गोष्टींची टक्केवारी पाहिली तर प्रत्येक माणूस ८० प्रतिशत् हवा, १२ प्रतिशत् पाणी व फक्त ८ प्रतिशत् अन्न सेवन करतो (आकृति २·१). अन्नाविना ८० दिवस जगू शकणारा माणूस पाण्याविना मात्र १० दिवसही जगू शकत नाही.

कोषिकांतर्गत व आंतरकोषिक द्रव, रक्त इत्यादी स्वरूपात असलेले पाण्याचे सरासरी प्रमाण कोणत्याही मानवी शरिरात त्याच्या वजनाच्या ६५ प्रतिशत् असते. हे प्रमाण माणसामाणसात किंवा प्रत्येक अवयवात थोडचा फार प्रमाणात बदलणे सहज शक्य आहे. पुरुष आणि स्त्री यांच्या शरिरातील पाण्याच्या प्रमाणातही लिंगभेदानुरुप फरक असल्याचे आढळून येते. स्त्रियांच्या शरिरात जलधारण करण्यात तितकीशी कार्यक्षम नसलेली वसोतके अधिक असल्याने पाण्याचे प्रमाण कमी आढळते. त्यांच्या शरिरात एकूण वजनाच्या फक्त ५२ प्रतिशत् पाणी आढळते. पुरुषांमध्येही हे प्रमाण व्यक्तिसापेक्ष असते. वरपांगी कृश दिसणाऱ्या पुरुषात पाण्याचे प्रमाण थोडेसे जास्त, म्हणजे वजनाच्या ७० प्रतिशत् असते. सर्वसामान्य स्वरूपात बघितले तर कोणत्याही पूर्ण वयात आलेल्या मानवाच्या शरिरात अंदाजे ५० लि. पाणी असते. या पाण्यापैकी अंदाजे ३ लि. पाणी सारखे बदलत असते. नि:सारित होणाऱ्या व अंतर्वेशित होणाऱ्या पाण्याचे प्रमाण साधारणत: सारखेच असते. याचाच अर्थ रोज साधारणत: ३ लि. पाणी निरनिराळचा रूपाने शरिरात घेतले जाते व तितकेच बाहेरही टाकले जाते. शरिरात नव्याने येणाऱ्या वा तयार होणाऱ्या पाण्याची विभागणी पुढीलप्रमाणे करता येईल :—

अंतर्वेशित होणारे पाणी. . . { १·७ लि. पिण्याच्या पाण्यावाटे जाणारे,
१·१ लि. अन्नावाटे जाणारे व }

० · २४ लि. अन्नाच्या पचनामुळे शरिरात तयार हाणारे पाणी.

एकूण, शरिरातील पाणी ३·०४ लिटर.

उच्छ्वास, घाम, मूत्र इत्यादींच्या स्वरूपात नि:सारित होणाऱ्या पाण्याचे परिमाण अंदाजे तितकेच म्हणजे ३ लि. असते. अशा रीतीने शरिरातून बाहेर टाकल्या जाणाऱ्या पाण्याची विभागणी पुढीलप्रमाणे असते :—

उच्छ्वासाच्या रूपाने	० · ४५ लि. म्हणजेच, ५५ प्रतिशत्.
घामाच्या रूपाने (उष्ण हवामानात हे प्रमाण ३३ प्रतिशततेपर्यंत वाढते).	० · ६५ लि. म्हणजेच, २० प्रतिशत्.
प्रत्यक्ष नि:सारित पाणी	१ · १५ लि. म्हणजेच, ६५ प्रतिशत्
प्रतिदिन एकूण नि:सारित झालेले पाणी ..	१ · ५ ते २ . ५ लि. च्या आसपास.

मानवी शरिरातील निरनिराळ्या उतकांमध्ये असलेले पाण्याचे प्रमाण सारणी २·१ मध्ये दाखविले आहे.

सारणी २.१ : निरनिराळ्या उतकांमधील पाण्याचे प्रतिशत प्रमाण *

उतके	प्रतिशत पाणी
मेंदू : धूसर द्रव्य	८४
श्वेत द्रव्य	७०
मुत्रपिंड	८१
ऱ्हीय उतके	७९
फुफ्फुसे	७८
उदर व आंतडे	७५
यकृत	७४
त्वचा	७०
संपूर्ण सापळा	४५
हाडे (मज्जाविरहित)	२२.५

* पी. एम. मिचेल यांच्या "A text-book of Biochemistry" आवृती २ री, १९५० मधून.

प्रत्यक्ष पाण्याव्यतिरिक्त अन्नातूनही जवळजवळ १.१ लि. पाणी शरिरात जाते, हे आपण बघितलेच आहे. सेवन करीत असलेल्या अन्नात किती प्रतिशत पाणी असते याची कल्पना सारणी २·२ वरून अधिक स्पष्ट होईल.

अन्नावाटे अगर पिण्याच्या पाण्याबरोबर पोटात जाणारे पाणी म्हणजेच शरिरातील पाणी नव्हे. प्रत्येक जीवकोषिका, दोन कोषिकामधील अंतर, हाडामधील पोकळ नलिका, इतकेच नव्हे तर निरनिराळी उतके यामधे सापडणाऱ्या पाण्याचे प्रमाणही बरेच असते. या पाण्यामुळे शरिराच्या एकूण वजनात किती वाढ होऊ शकते हे सारणी २·३ मधे दाखविले आहे. रक्तवाहिन्यांची (नीला + धमन्या) ९६,००० कि. मी. लांबी सतत रक्ताने (पाण्याने) भरलेली असते ही एकच गोष्ट खूप बोलकी आहे.

सारणी २.२ : सेवन करण्यात येणाऱ्या पदार्थांमधील पाण्याचे प्रतिशत प्रमाण *

पदार्थ	पाण्याचे पदार्थांच्या वजनाशी प्रतिशत प्रमाण
सूर्यफुलाचे भाजलेले बी : माणूस सेवन करू शकेल असा सर्वाधिक कोरडा पदार्थ	५
सफरचंद	८३-८४
द्राक्ष	७८-७९
कलिंगड	९७
टोमॅटो	९४
दूध : मातेचे	८८
शेळीचे	७७
गाईचे	८७
म्हशीचे	७८
पालेभाज्या	६५-७५
गोमांस	६५
डुकराचे मांस	५३
मेंढीचे मांस	६४
गहू	१४
ज्वारी	११
मका	११.५
तांदूळ	१२

* विन्थेन ब्लायथंड व इतर यांनी लिहिलेल्या "Foods, their composition and analysis"—या पुस्तकातून.

सारणी २.३ : अवयवान्तर्गत पाण्यामुळे शरिराच्या एकूण वजनात होणारी प्रतिशत वाढ *

अवयव	पाण्याच्या वजनामुळे होणारी प्रतिशत वाढ
कोणिका	४१
रक्तपेशी	४
पोकळ्या (आंतडे व नेत्रगोलाभोवतीची मोकळी जागा)	५

* व्हाईट, हॅंडलर व स्मिथ यांच्या "A text-book of Biochemistry" या पुस्तकातून.

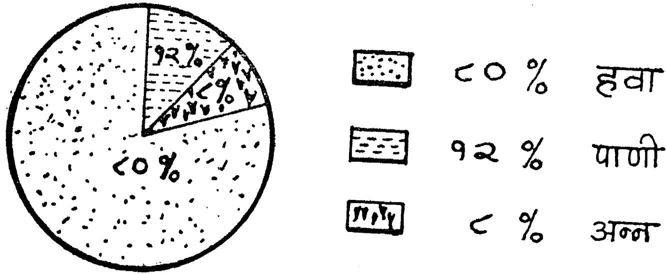
जीवरासायनिक क्रिया व त्यामधील पाण्याचा वाटा :

वनस्पती आणि प्राणिजीवनातील वाढ (वय व जाडी) किंवा त्यामध्ये होणारी हानी ज्या रासायनिक क्रियांमुळे शक्य होते त्या रासायनिक क्रिया शरिरान्तर्गत व सजीव कोषिकांद्वारा होत असल्यामुळे त्यांना "जीवरासायनिक अभिक्रिया" असे म्हणतात. या जीवरासायनिक अभिक्रिया मुख्यत्वेकरून द्विविध स्वरुपाच्या असतात. एक प्रकार विघटनात्मक तर दुसरा संघटनात्मक. विघटनात्मक अभिक्रियांमधे जीवद्रव्याचे-कोषिकेत असणाऱ्या द्रवपदार्थाचे-विघटन होते. रेणूचा मोठा आकार असलेली सेंद्रिय संयुगे प्राणिजीवामधील अगर वनस्पती-जीवामधील कोषिकेत शिरण्यासाठी लहान आकारांच्या रेणूत (उपजपदार्थ) रुपान्तरीत होतात. उदाहरण द्यावयाचे झाल्यास स्टार्च अगर सेल्युलोजचे देता येईल. हे दोन्हीही पदार्थ मोठ्या आकाराच्या रेणूंनी बनलेले असल्यामुळे जसेच्या तसे कोषिकेत प्रवेश करू शकत नाहीत. जीवरासायनिक अभिक्रियांमुळे त्यांचे प्रथमत: ग्लूकोज शर्करेत रूपान्तर होते व मग हे ग्लकोज शर्करेचे लहान रेणू कोषिकेत प्रवेश करून कोषिकांना ऊर्जा पुरवू शकतात. ही अभिक्रिया नेहमीच 'ऊर्जाप्रदायी' असते. याच्या उलट संघटनात्मक अभिक्रियांमध्ये कोषिकानिर्मिती अगर कार्बोहायड्रेटे, प्रथिने, यासारख्या रेणूंची निर्मिती होते. या पदार्थांच्या निर्मितीसाठी शर्करा, अमिनो अम्ले यांच्याबरोबरच ऊर्जेचीही गरज असते. या अभिक्रियांना म्हणूनच 'ऊर्जा-उपभोगी' असे म्हटले जाते. या दोन्हीही अभिक्रिया परस्परावलंबित असतात. या दोन्हीही अभिक्रिया समुच्चय स्वरूपात, अपचयन (विघटनात्मक अभिक्रिया) व उपचयन (संघटनात्मक अभिक्रिया) म्हणून ओळखिल्या जातात. दोन्हीही अभिक्रिया-समुच्चय एकत्रितपणे 'उपापचयन' म्हणून परिचित आहेत.

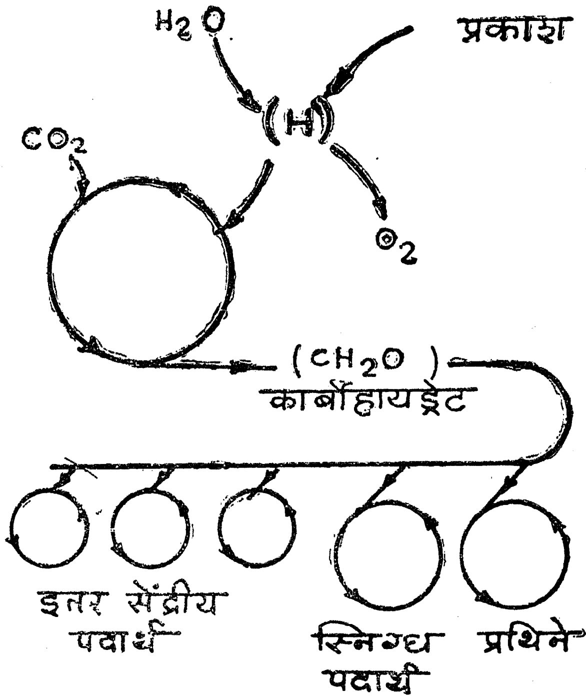
माणसाच्या सेवनात येणारे वनस्पतीजन्य सेंद्रिय खाद्यपदार्थ सामान्यत: मोठ्या आकाराच्या रेणूचे बनलेले असतात. हे पदार्थ ऊर्जाप्रदायी असल्यामुळे पोषणाच्या दृष्टीकोनातून त्यांचे सेवन अत्यावश्यक असते. परंतु रेणूचे मोठे आकार त्यांना कोषिकेत अवशोषित होण्यापासून परावृत करतात. अर्थातच त्यामुळे रेणूचा आकार लहान करणे जरुरीचे बनते. आकार-मानातील हा अपेक्षित बदल प्रकिण्वाच्या प्रभावाखाली रासायनिक अभिक्रिया घडवून केला जातो. प्रकिण्वांच्या बरोबर पाण्याचीही कामगिरी तितकीच महत्त्वाची असते. खालील समीकरणावरून ते अधिक सुस्पष्ट होईल :—

वनस्पतीजन्य सेंद्रिय संयुगे (कार्बोहायड्रेटे/प्रथिने स्निग्ध पदार्थ).	+ पाणी (H_2O)	प्रकिण्व ---→	लहान आकारांचे रेणू असलेले सेंद्रिय पदार्थ (ग्लुकोज/ अमिनोअम्ल/ॲसिटिक अम्ल).	+ ऊर्जा (कॅलरीमध्ये)

सेंद्रिय संयुगांचा, समीकरणात दाखविल्याप्रमाणे आकार लहान झाल्यावर, कोषिकात शिरकाव होतो. कोषिकेत शिरकाव झाल्यानंतर वातापेक्षी पर्यावरणात ऑक्सिजनच्या प्रभावा-खाली अपचयन-उपचयनादी अभिक्रिया सुरू होतात. या उपचयनांमुळे अन्नकणांचे 'ज्वलन' अगर 'पचन' होते. या अभिक्रियासमूहांच्या प्रभावामुळे कोषिकेत पुनरपि सेंद्रिय संयुगे (कार्बोहायड्रेटे/प्रथिने/स्निग्ध पदार्थ), कार्बनडायऑक्साइड, उष्णता व पाणी हे उपज

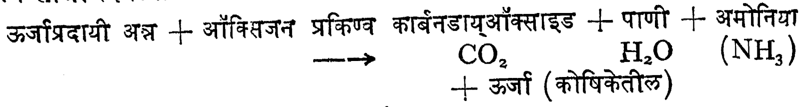


आकृती २.१ : मानवाच्या प्रतिदिन सेवनातील हवा, पाणज व अन्न यांची टक्केवारी

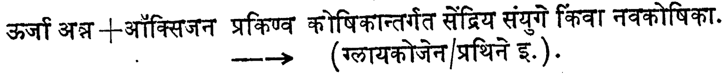


आकृती २.२ : प्रकाशसंश्लेषी क्रियांचा समूह

पदार्थ खाली दिलेल्या समीकरणांप्रमाणे तयार होतात.


ऊर्जाप्रदायी अन्न + ऑक्सिजन प्रकिण्व ⟶ कार्बनडायऑक्साइड (CO_2) + पाणी (H_2O) + अमोनिया (NH_3) + ऊर्जा (कोषिकेतील)

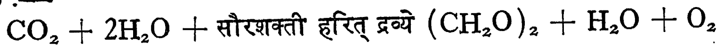
किंवा

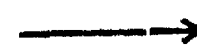

ऊर्जा अन्न + ऑक्सिजन प्रकिण्व ⟶ कोषिकान्तर्गत सेंद्रिय संयुगे किंवा नवकोषिका. (ग्लायकोजेन/प्रथिने इ.).

अन्नाच्या अनुपस्थितीत शरिराच्या चलनवलनादी क्रिया सातत्याने चालू राहव्यात यासाठी 'आपत्कालीन अन्नसाठा' म्हणून अन्नपदार्थांपैकी सेंद्रिय संयुगे यकृत, स्नायू इ. ठिकाणी साठविली जातात तर कार्बनडाय-ऑक्साइड फुफ्फुसावाटे उच्छ्वासाबरोबर बाहेर टाकला जातो. उपजपदार्थांपैकी शिल्लक राहिलेले पाणी आणखी बरीच काही कामे करण्यासाठी सज्ज असते. त्या कामांपैकी महत्त्वाचे काम म्हणजे ज्वलनकार्यात उत्पन्न झालेल्या उष्णतेचे त्वरीत वितरण. हे वितरण शक्यतो लवकर झाले नाही तर शारिरिक उष्णतामान एकदम वाढेल. तसे होऊ नये यासाठीच निसर्गाने पाण्याची योजना केली आहे. उपजपदार्थ म्हणून निर्माण झालेले पाणी ती उष्णता (ऊर्जा) अवशोषित करते व रक्त वाहिन्यांच्या मधून वाहणाऱ्या रक्तावाटे शरिराच्या बाह्यभागाकडे, त्वचेकडे तिचे वितरण करते. त्वचेच्या निकट उष्णपाणी आल्यावर ते आजुबाजुच्या वातावरणाच्या संपर्कात येते व उष्णतेचे संतुलन होऊन अतिरिक्त उष्णता घामाच्या स्वरूपात बाहेर पडते.

पाण्याचे शरिरातील प्रमाण नेहमी संतुलित ठेवण्यात येते. वाजवीपेक्षा जास्त किंवा कमी पाण्याचे प्रमाण लागलीच कोणत्या ना कोणत्या तरी स्वरूपात भासमान् झाल्याविना राहत नाही. कमी प्रमाणामुळे पाण्याची मागणी वाढते-मानव तृषार्त होतो व पाण्याचे प्रमाण जास्त झाल्यास 'फुगवट्याच्या' स्वरूपात त्याची सूचना मिळते. नेहमीच्या पाण्याच्या प्रमाणात जरी ५ प्रतिशत् घट झाली तर क्वचित् प्रसंगी भ्रम होऊ लागतो. घट १५ टक्क्यांपर्यंत वाढली तर त्याचे पर्यवसान मृत्यूतही होते.

वर आपण प्राणिजीवनातील पाण्याचे महत्त्व बघितले. वनस्पतीजीवनातील प्रकाश संश्लेषण या महत्त्वाच्या अभिक्रिया समूहातही पाण्याचा वाटा फार मोठा असतो. वनस्पतींच्या कोषिकेत उपस्थित असलेली हरित्द्रव्ये, कार्बनडाय ऑक्साइड, पाणी, अमोनिया यासारख्या असेंद्रिय रेणूंपासून कार्बोहायड्रेटे, प्रथिने निर्माण करतात. आकृती २.२ वरून ते सुस्पष्ट होईल. समीकरणाच्या स्वरूपात प्रकाशसंश्लेषण पुढीलप्रमाणे लिहिता येईल :—


CO_2 + $2H_2O$ + सौरशक्ती हरित् द्रव्ये $(CH_2O)_2$ + H_2O + O_2


⟶

कार्बनडाय् ऑक्साइड + पाणी कार्बोहायड्रेटे + पाणी + ऑक्सीजन

या अभिक्रियेसाठी लागणारी ऊर्जा सूर्य प्रकाशातील ४००० ते ७०००A° या वेव्हलेंग्थ असलेल्या प्रकाशभागापासून मिळते. तयार झालेल्या कार्बोहायड्रेटांपैकी काही, कार्बोहायड्रेटे, स्निग्ध पदार्थ व प्रथिनांतही कालांतराने रुपांतरित होतात.

जीवनाशी असलेले पाण्याचे अतूट नाते बघितल्यानंतर त्या पाण्याच्या अलौकिक गुणधर्माचा अभ्यास करण्याचा मोह अनावर झाला नाही तरच नवल !

प्रकरण ३

अलौकिक गुणांचे पाणी

पाण्याचा जीवनाशी असलेला अतूट संबंध बघितल्यानंतर ज्या गुणांच्या बळावर पाण्याने हे अनन्यसाधारणत्व कमाविले त्या भौतिक व रासायनिक गुणांचा अधिक सखोल अभ्यास करण्याची इच्छा साहजिकच बळावते.

पाण्याच्या विशेष गुणधर्मांचा अभ्यास करण्यापूर्वी 'स्थितप्रज्ञ दिसे कैसा' हे जसे जाणून घेतले जाते तसेच जीवनावर प्रचंड प्रमाणात प्रभाव गाजविणारा पाण्याचा रेणू असतो तरी कसा, हे समजावून घेतलं तर पुढील गोष्टी समजणे अधिक सुलभ होईल.

पाण्याचा रेणू :

पाण्याचा रेणू तीन मूल-घटक-तत्त्वांपासून किंवा तीन अणूंच्यापासून तयार होतो. दोन हैड्रोजन व एक ऑक्सिजनचा असे तीन अणू एकत्र येऊन पाण्याचा रेणू तयार होतो. सूत्र-रूपाने तो H_2O असा अभिव्यक्त केला जातो. हे तीन अणू रासायनिक बंधाच्या द्वारा एकत्रित आणले जातात. हैड्रोजनचे दोन अणू आपल्याजवळील एकेका इलेक्ट्रॉनची ऑक्सिजनच्या अणूच्या बाहेरील ऊर्जास्तरात असलेल्या सहा इलेक्ट्रॉनांच्या बरोबर भागीदारी करून तीन्हीही अणूंना सामावून घेणाऱ्या बाहेरील किंवा अंतीम ऊर्जास्तरातील (काल्पनिक) इलेक्ट्रॉनांची संपृक्तावस्था प्राप्त करून घेतात व अशाप्रकारे एक रासायनिक बंध तयार होतो. पाण्याच्या संबंधात तयार झालेल्या या विशिष्ट बंधास सहसंयोजक बंध असे म्हणतात. (आकृती ३.१).

हैड्रोजन बंध :

पाण्याचा एक रेणू हे जरी शास्त्रीय सत्य असले तरी प्रत्यक्षात असा एक रेणू बाजूला काढून दाखविणे किंवा त्याचा अभ्यास करणे फारच कठीण आहे. समष्टीजीवनात संपूर्णतया विलीन होऊन गेलेले व्यष्टीजीवन कसे असते हे दाखविण्यास पाण्याच्या रेणूविना अन्य उपमान सापडणे कठीण आहे. प्रत्यक्षात आपण बघतो ते पाणी म्हणजे अगणित रेणूंचा एकजीव झालेला असा एक समूह असतो. असंख्य रेणूंना एकत्रित आणून संपूर्ण जलाशय म्हणजे जणू कांही एकाच रेणूने व्यापून राहिलेला साठा असा आभास ज्या एका विशिष्ट रेणूबंधामुळे निर्माण होतो त्यास हैड्रोजन बंध असे म्हणतात. पाण्याच्या एका रेणूमध्ये ऑक्सिजनच्या एका अणूला दोन हैड्रोजनचे अणू जोडलेले असतात. पाण्याचे वैशिष्ट्य असे की, हे रेणू तुटक वृत्तीचे नसल्याने आजुबाजूच्या रेणूंबरोबर जवळीक निर्माण करू पाहतात. एका रेणूतील ऑक्सिजनचा अणू जवळच्या पाण्यातील दोन रेणूंमधील हैड्रोजन अणूंच्या बरोबर बंध निर्माण करून त्यांना आपल्या जवळ आणतात. या बंध निर्माण करण्याच्या क्रियेत

हैड्रोजनचा वाटा बराच असल्यामुळे या बंधास हैड्रोजन बंध असे नाव देण्यात आले आहे. (आकृती ३.२). मात्र हा बंध फार जोरदार स्वरूपाचा नसल्याने पाण्याच्या रेणूंची आपसातील हालचाल पूर्णपणे (घनपदार्थाप्रमाणे) नष्ट होत नाही वा वायूप्रमाणे अनियंत्रितही होत नाही. ती नियंत्रित हालचाल असल्यामुळेच पाण्याचे निसर्गसिद्ध स्वरूप द्रवस्थितीत असल्याचे आढळते. सर्वसाधारण परिस्थितीत बहुतांशी द्रवस्थितीत असले तरी थोडेसे पाणी वाफेच्या स्वरूपातही हवेमध्ये नेहमीच आढळते.

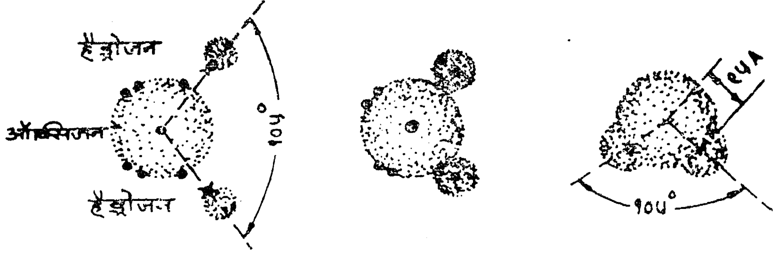
हैड्रोजनचे दोन अणू ऑक्सिजनच्या एका अणूबरोबर जेव्हा इलेक्ट्रॉनीय भागीदारी करतात, त्यावेळी ऑक्सिजनचा ऋणविद्युत्-भार हैड्रोजनच्या ऋणविद्युत्भारापेक्षा अधिक असल्याने हैड्रोजन अणूंनी भागीदारीसाठी देऊ केलेले इलेक्ट्रॉन आपल्याकडे खेचून घेतात. परिणामतः हैड्रोजनमधील प्रोटॉन एकाकी नि उघडा पडतो. एकाकी प्रोटॉन-घनात्मक भार, पाण्याच्या दुसऱ्या रेणूतील ऑक्सिजन अणूच्या इलेक्ट्रॉनला (हैड्रोजनबरोबर भागीदारी न केलेल्या) आकर्षित करण्याचा प्रयत्न करतो. पाण्याच्या रेणूतील ऑक्सिजन अणूपाशी सहसंयोजक बंधात न फसलेले असे चार इलेक्ट्रॉन असतात. हे चारीही इलेक्ट्रॉन आकृती ३–२ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे चार हैड्रोजन बंध निर्माण करून पाण्याच्या चार रेणूंना एकत्र आणतात. या बंधामुळे पाण्याचे अलौकिक गुणधर्म समजण्यास मदत होते. हा हैड्रोजन बंध 'आयनिक' वा 'सहसंयोजक' बंधापेक्षा कमी सामर्थ्यशाली असला तरी दोन समान अणूंमध्ये नेहमी वसत असलेल्या 'व्हॅन्-डर-वॉल्स' च्या आकर्षण-बलापेक्षा अधिक सामर्थ्यशाली असतो. हैड्रोजन बंधामुळे एकत्र आलेले पाण्याचे दोन रेणू, पाण्याला 'उच्च-उष्णता-अवधारकता', 'बर्फाच्या संगलनाची उच्च अप्रकट उष्णता', 'बाष्पनाची उच्च अप्रकट उष्णता', 'संसंजन' व 'आसंजन' यासारखे गुणधर्म मिळवून देण्यास कारणीभूत होतात.

पाण्याच्या रेणूंमधील हैड्रोजन व ऑक्सिजन यांच्या अणूंवर असलेल्या विशिष्ट विद्युत्-भारांमुळे पाण्याला, 'विद्युत्क्षेत्राचे उदासिनीकरण' करण्याचे सामर्थ्य प्राप्त झाले आहे. याप्रमाणेच पाण्याला प्राप्त झालेला उच्च 'विद्युत् अपार्यता स्थिरांक' हाही या विद्युत्-भारांचाच परिणाम आहे. पाण्याजवळ असलेली 'सर्वव्यापी विलायक शक्ती' हा गुणदेखील त्याच्यामुळेच निर्माण होऊ शकला. या साऱ्या गुणांची चर्चा या प्रकरणात केली आहे.

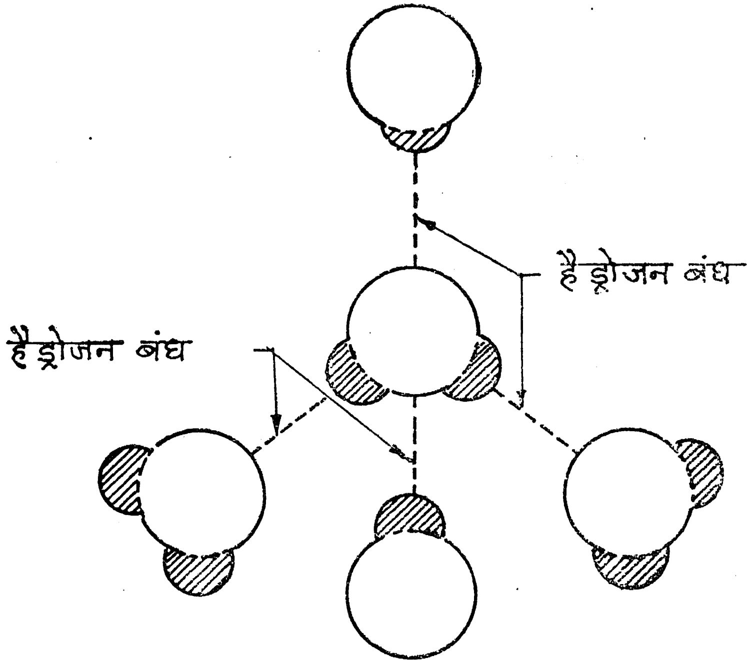
पाण्याच्या तीन अवस्था आणि त्यांचे उष्णतेबरोबरील अन्योन्य संबंध :

पाण्याच्या विशेष गुणधर्मांचा अभ्यास करताना प्रथमतः एका गोष्टीचा विचार अगत्याने करावा लागतो अन् तो म्हणजे पाण्याच्या तीन अवस्था. नैसर्गिक पाणी तीन अवस्थांत विभागलेले आढळून येते : (अ) 'घन—अवस्था'-बर्फ, (आ) 'द्रव—अवस्था-पाणी व (इ) 'वायू—अवस्था'-वाफ. यातही लक्षात घेण्यासारखी गोष्ट म्हणजे आसमंतातील सर्वसाधारण तपमान व वातावरणीय दाब यांच्यात फरक पडल्यास अगदी सहजगत्या पाणी एका अवस्थेतून दुसऱ्या अवस्थेत रूपांतरित होते. परिस्थित्यनुरूप रूप पालटण्याचा पाण्याचा हा 'बहुरूपी' गुणधर्म माणसाला व इतर जीवमात्रांना अत्यंत फायदेशीर ठरला आहे.

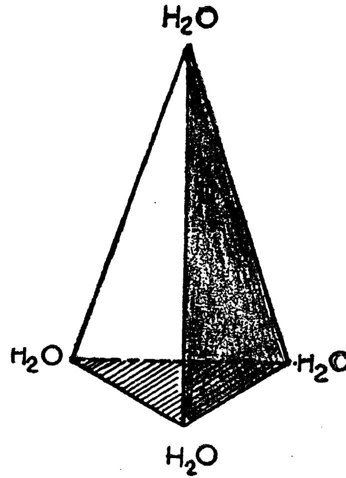
तपमानातील फरकाप्रमाणे दोन रेणूंच्या मधील हालचालीचा वेग बदलतो. तो मंदावतो, नाहीतर वाढतो. तपमान उतरू लागले की वेग मंद होऊ लागतो. पाण्याचे तपमान



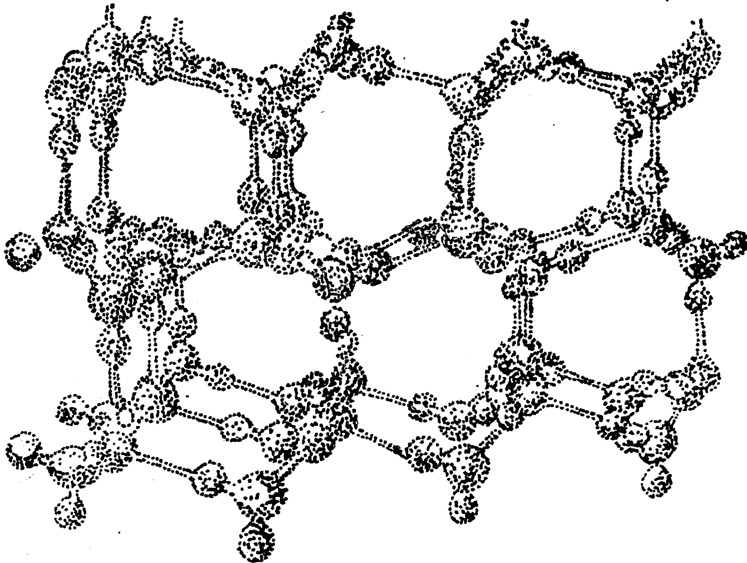
आकृती ३.१ : ऑक्सिजन जवळील ६ इलेक्ट्रॉनांबरोबर भागीदारी करून × हैड्रोजनच्या दोन अणूंनी साधलेली संपृक्तावस्था व त्यातून तयार झालेला सहसंयोजक बंध. या बंधामुळेच पाण्याची निर्मिती शक्य झाली.



आकृती ३.२ : बाजूच्या पाण्याच्या ४ रेणूंशी हैड्रोजन बंधामुळे जोडलेला मध्यवर्ती पाण्याचा रेणू. यामुळे पाण्याचे रेणू एकमेकापासून अलग दिसत नाहीत.



आकृती ३.३ : चतुष्फलकाच्या टोकाशी जोडलेले पाण्याचे रेणू.



आकृती ३ · ३-अ : बर्फाच्या खड्यात एका ठराविक पद्धतीने एकमेकांशी जोडलेले पाण्याचे रेणू.

४° सें. पेक्षा कमी झाले की वेग मंद होऊन रेणू जोडण्याची क्रिया सुरू होऊ लागते. ०° सें. तपमानात पाण्याचे बर्फात रूपांतर होते. मात्र या घटनेत एक वैशिष्टयच दिसून येते. पाण्याचे रेणू एकमेकाजवळ हैड्रोजन-बंधामुळे जरी एकत्र येत असले तरी आपला चेहरा मोहरा विसरायला ते बिलकुल तयार नसतात. गुच्छातील फुलांप्रमाणे एकमेकात जखडून न राहता हारातील फुलांप्रमाणे ते एकमेकांजवळ पण थोडेसे अंतर ठेवून जोडले जातात. यामुळेच 'इतुके आलो जवळजवळ की, जवळपणाचे झाले बंधन' असे घडण्याची पाळी त्यांच्यावर कधीच येत नाही. वेळ पडल्यास ते आपले स्वतंत्र अस्तित्व दाखवू शकतात. रेणूंच्या या विशिष्ट तऱ्हेने जोडण्याच्या क्रियेमुळे द्रव-अवस्थेतून घन-अवस्थेंत–बर्फात रूपांतरित होताना पाण्याचे आकारमान वाढते. अर्थातच त्यामुळे तो पाण्याच्या पृष्ठभागावर तरंगू लागतो. घन अवस्थत पाण्याचा प्रत्यक रेणू चतुष्फलकाच्या चारीही कोनबिंदूपाशी इतर पाण्याच्या रेणूंनी परिवेष्टित केला जातो (आकृती ३–३ व ३–३-अ). बाह्य वातावरणातील तपमानात घट निर्माण झाल्यामुळे पृष्ठभागावरील पाणी बर्फात रूपांतरित होते व बर्फ, आकारमान वाढल्यामुळे पाण्यावर तरंगू लागून त्याच्या खालील पाण्याच्या थरांवर आपली 'रजई' अंथरून त्यांचे व त्यात सुखेनैव जगणाऱ्या जलचरांचे गोठण्यापासून संरक्षण करतो. असे न होता, इतर पदार्थांप्रमाणे घनावस्थेत पाण्याचे आकारमान घटून वजन वाढले असते तर.....! तर जलचरांची नामनिशाणी देखील राहिली नसती! पाण्याचा हा अलौकिक गुणधर्म म्हणजे जलचरांना निसर्गाकडून मिळालेले एक वरदानच नाही कां? बर्फ होण्याचे वेळी पाण्याची घनता वाढली असती तर सर्व जलाशय बर्फमय झाले असते, बाष्पीभवनाचे प्रमाण प्रचंड प्रमाणात घटले असते, जलदांची निर्मिती अत्यल्प प्रमाणात झाली असती, 'ग्रीष्माने तपली धरा' थंड करण्यासाठी हवा असणारा पर्जन्याचा वर्षाव झालाच नसता. 'पृथिवी गंधवती' हे कळलेही नसत, नव्हे अन्नधान्याचे उत्पादन झाले नसते आणि कदाचित् हा संसारही पसरला नसता.

ज्यावेळी बर्फाला उष्णतेची आंच लागते त्यावेळी चतुष्फलकाच्या कोनबिंदूपाशी व्यवस्थित रीतीने स्थानापन्न झालेले पाण्याचे रेणू हालचाल करू लागतात आणि त्याचा परिणाम हैड्रोजन बंध तुटण्यात होतो. अशारीतीने ८ प्रतिशत हैड्रोजन बंध जेव्हा तुटतात तेव्हा बर्फाची मुलायम संरचना कोसळून पडते आणि पाण्याची घनता ९ टक्क्याने पुन्हा वाढते. हैड्रोजन-बंधाचे सामर्थ्य बरेच असल्याने त्यांच्यापासून मुक्तता मिळवायची म्हणजे बऱ्याच ऊर्जेची–उष्णतेची–आवश्यकता असते. बर्फाला वितळविण्यासाठी दिलेली उष्णता हैड्रोजन बंध तोडण्यासाठी उपयोगात येत असल्याने पाण्याची उष्णता वाढत नाही. त्यामुळे या उष्णतेला 'अप्रकट-गलन-उष्णता' असे संबोधिले जाते. बर्फ वितळविण्यासाठी एका ग्रॅमला ७९.७ कॅलरी इतकी उष्णता लागते. सारणी ३.१ मध्ये बघितल्यास ही अप्रकट-गलन-उष्णता तुलनात्मक दृष्टया खूपच आहे हे दिसून येईल.

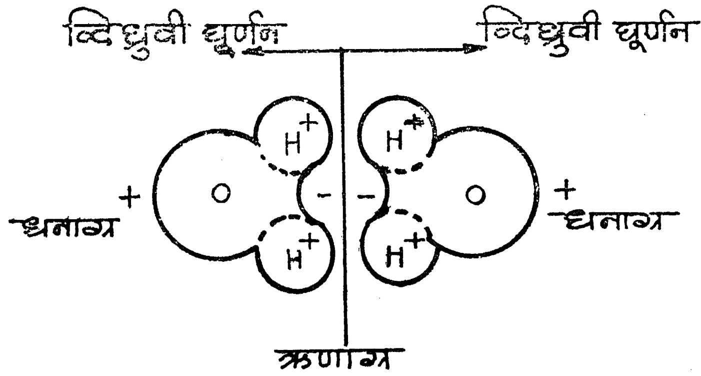
बर्फाचे पाणी झाल्यानंतर त्याला उष्णता दिली तर त्याचे तपमान वाढते ही सुपरिचित गोष्ट आहे पण सारणी ३.१ पाहिल्यास एक गोष्ट लक्षात येईल की, इतर कोणत्याही द्रव पदार्थाच्या तुलनेने पाण्याच्या बाष्पीभवनाचा वेग खूपच कमी आहे. हेच दुसऱ्या शब्दात किंवा शास्त्रीय परिभाषेत सांगावयाचे झाले तर असे म्हणता येईल की, पाण्याची 'अप्रकट-बाष्पन-शक्ती' बरीच जास्त असते. यामुळे माणसावर केवढे तरी उपकार झाले आहेत! नाहीतर उन्हाळयाच्या दिवसात साऱ्या पाण्याची वाफ होऊन गेली असती आणि पाणी-पाणी

करत राम म्हणायची वेळ आली असती. बाष्पन म्हणजे द्रव अवस्थेतील हैड्रोजन बंधामुळे मंद हालचाल करत असलेल्या पाण्याचे रेणू एकमेकापासून विभक्त करणे. रेणूंचे विभक्तीकरण करावयाचे म्हणजेच दोन रेणूंमध्ये असलेल्या आकर्षणावर मात करावयाची. पाण्याची 'अप्रकट-बाष्पन-उष्णता' ५४० कॅलरी आहे. एक ग्रॅम पाण्याची वाफ तयार करावयाची असेल तर तितक्या उष्णतेची योजना करावयाला हवी, आणि नंतरच हैड्रोजन बंध पूर्णतः तुटतील. वालुकामिश्रित मातीशी तुलना करता ही 'उष्णता-धारण-क्षमता' जवळ जवळ ५ पटीने अधिक आहे.

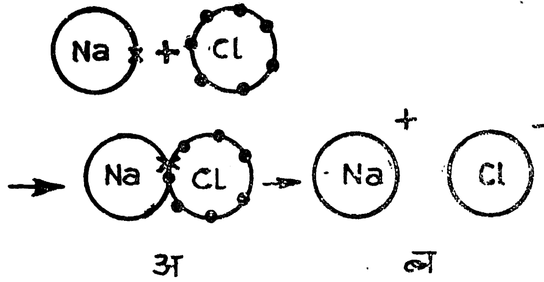
निम्न उष्णतामानात पाण्याचा बर्फ होणे नि बर्फ तयार होतेवेळी पाण्याची घनता कमी होणे प्राणिसृष्टीला कसे वरदायी ठरले आहे, ते आपण वर बघितले. याप्रमाणेच पाण्याच्या नैसर्गिक द्रवरूप आणि वायुरूप अवस्थाही मानवाला अत्यंत फलदायी ठरल्या आहेत. दुसऱ्या महायुद्धाच्या वेळी अमेरिकी सैनिकांनी उत्तर आफ्रिकेच्या वाळवंटात प्रत्यक्ष घेतलेला अनुभव अत्यंत बोलका असून तो वरील विधानाची यथार्थता पटवून देण्यास सर्वस्वी समर्थ आहे. वाहत्या पाण्याच्या व वाफेच्या अनुपस्थितीमुळे हवेच्या तपमानात संतुलन राखले जात नाही. दिवस अन् रात्र या दोन वेळी विरुद्ध पण तीव्र हवामानाशी मुकाबला करण्याची वेळ येते. आफ्रिकेच्या वाळवंटात पाण्याच्या अभावामुळे उष्णतेचे 'संधारण' होऊ शकले नाही व सूर्य 'मित्र' न राहता 'ओततील आग जगी दूत त्यांचे लक्षावधी' असा सूड घेणारा दुर्दम्य शत्रू बनला. सूर्याच्या अनुपस्थितीत वातावरणात ऊब आणावयाला अवशोषित केलेली (पाण्याने) उष्णता प्रदान करणारी वाफ नसल्याने रात्री भयानक थंड बनल्या व दुपारी पाण्याच्या संधारण क्षमतेमुळे व आर्द्रतेमुळे उष्णतामान खाली न आल्यामुळे दिवस होरपळविणारे बनले. बिचारे अमेरिकी सैनिक दिवसा होरपळले तर रात्री हुडहुडी भरून गोठावयाचे तेवढे बाकी राहिले.

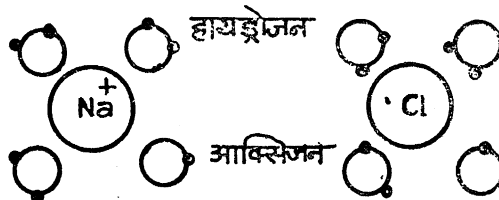
द्विध्रुवी घूर्णन व उच्च विद्युत् अपार्यता स्थिरांक :

विद्युत्प्रवाहाचे 'संवाहक' म्हणून शुद्ध पाणी अत्यंत निकृष्ट समजले जाते. विद्युत्-प्रवाह वाहण्यासाठी 'भारित आयन' असणे अत्यंत जरुरीचे आहे ; परंतु त्यांचे प्रमाण शुद्ध पाण्याचे बाबतीत फारच थोडे असल्याने त्यातून विद्युत् प्रवाहित होऊ शकत नाही. आयन स्वरूपांत $[H^+]$ व $[OH^-]$ विभाजित होण्यास पाण्याचा रेणू नेहमीच विरोध करतो. पण तोच पाण्याचा रेणू 'विद्युत् क्षेत्रात' ठेवल्यास आपली 'घनात्मक बाजू' 'ऋणात्मक' विद्युत् अग्राकडे व ऋणात्मक बाजू धनात्मक विद्युत् अग्राकडे अभिस्थापित करतो. (आकृती ३.४). या विशिष्ट गुणधर्मालाच 'द्विध्रुवी घूर्णन' असे म्हणतात. हे घूर्णन रेणूंमधील 'भारविभाजनावर' अवलंबून असते. पाण्याच्या रेणूमधील भार-विभाजनाचे परिमाण फार मोठे असल्याने त्याचे द्विध्रुवी घूर्णनही बऱ्याच मोठ्या प्रमाणावर होते. या घूर्णनामुळे पाण्याचे रेणू पाण्यात निर्माण केलेल्या विद्युत् क्षेत्राचे संपूर्ण उदासिनीकरण करण्याचा प्रयत्न करतात. या प्रयत्नात पाण्याचा विद्युत् अपार्यता स्थिरांक वाढतो. पाण्याचे आयनीकरण करण्यास, तुलनात्मक दृष्टीने इतर पदार्थांच्या मानाने जास्त शक्तीचे विद्युत् क्षेत्र लागते याचे कारण हेच. या जास्त परिमाणात असलेल्या विद्युत् अपार्यता स्थिरांकामुळेच कोणत्याही पदार्थाला आपल्यात विलीन करून घेण्याचा 'विलायक गुणधर्म' पाण्याला लाभला आहे.



आकृती ३.४ : पाण्याचे द्विध्रुवी घूर्णन.





आकृती ३.५ : सोडियम क्लोराईडचे पाण्यात विलयन.

सर्वव्यापी विलायक अभिक्रिया :

प्राणिसृष्टीत व वनस्पतिसृष्टीत पाण्याला जे अनन्यसाधारण महत्त्व प्राप्त झाले आहे त्याचे मुख्य कारण म्हणजे पाण्याच्या अंगी असलेला सर्वव्यापी विलायक गुणधर्म. हा गुणधर्म पाण्याजवळ नसता तर वनस्पती-कोषिकांना आणि प्राणीकोषिकांना पौष्णिक अन्न-पुरवठा झालाच नसता. या गुणधर्मामुळे पाण्याला ' जनता-टॉनिक ' म्हटले तर अतिशयोक्ती ठरणार नाही.

हा विलायक गुणधर्म दोन प्रकारच्या अभिक्रियांमुळे प्राप्त होतो. एक हैड्रोजन बंधावर अवलंबित असते तर दुसरी विद्युत् भारांच्या विभाजनावर व आयनिक बंधावर अवलंबून असते.

शर्करा, आसवे, सेंद्रिय आम्ले, फॉस्फेटे, अमोनियम संयुगे ; आणि $-OH$, $-NH$, अगर $-N<^{H}_{H}$ यासारखे बंध संरचनेत असलेले पदार्थ पाण्यामध्ये विलीन अवस्थेत ठेविले जातात ते पहिल्या प्रकारच्या अभिक्रियेमुळे. हे पदार्थ पाण्यात टाकल्यावर पाण्याच्या रेणूंमधील हैड्रोजन अणू पदार्थांमधील अतिरिक्त ऋणात्मक भार दाखविणाऱ्या अणूंबरोबर हैड्रोजन बंध अभिस्थापित करतात व त्या पदार्थाला पूर्णपणे परिवेष्टित करून आपलासा करतात. नव्हे, त्याचे स्वतंत्र अस्तित्वच नष्ट करतात. अशा प्रकारच्या विलायक अभिक्रियेमुळेच रक्ताच्या माध्यमातून वा वनस्पतिरसाच्या माध्यमातून तयार अन्नाचे अभिसरण होऊ शकते.

दुसऱ्या प्रकारची अभिक्रिया विशेषेकरून असेंद्रिय पदार्थांच्या बाबतीत व तीही आयनिक बंधामुळे घडून येते. जेव्हा संयुगे निर्माण होतात त्यावेळी एका अणूकडून आपल्याजवळ असलेल्या अधिक इलेक्ट्रॉनची, कमी इलेक्ट्रॉन असलेल्या दुसऱ्या अणूला विनाअट देणगी दिलेली असते व एकप्रकारचे सौहार्द स्थापून बंध निर्माण केलेला असतो. या संयुगांना ' आयनिक संयुग ' असे म्हणतात. NaCl या संयुगाच्या निर्मितीत Na ने आपल्याजवळ असलेला एक ' अधिक ' इलेक्ट्रॉन, एका इलेक्ट्रॉनची कमतरता असणाऱ्या Cl ला दिला ; व Na आणि Cl मध्ये Na–Cl एक बंध निर्माण करून संयुग निर्मिती शक्य केली. अशी आयनिक संयुगे पाण्यात टाकल्यावर भारविभाजन होऊन त्यांचे भारित आयनात रूपांतर होते. (उदाहरणार्थ $Na{-}Cl \rightarrow Na^{+} + Cl^{-}$). पाण्याच्या मोठ्या विद्युत् अपार्यता स्थिरांकामुळे विभक्त झालेल्या विरुद्ध भारांच्या आयनांमधील आकर्षण कमी होते व त्यांच्यामधील आयनिक बंध पुनःस्थापित होणे अशक्य होते. अर्थातच याचा परिणाम पदार्थाचे पूर्ण विलयन होण्यात होतो. दोन्हीही प्रकारच्या अभिक्रिया आकृती ३ · ५-अ व ब मध्ये दाखविल्या आहेत.

पृष्ठ तणाव :

ज्याप्रमाणे पाण्याचे रेणू एकमेकांना चिकटून राहतात त्याप्रमाणे ते इतर पृष्ठभागांवरही चिकटून राहू शकतात हे आपण रोजच्या व्यवहारात अनेकदा बघतो. पाण्याच्या रेणूंमधील आकर्षणाला ' संसंजन ' म्हणतात व पाण्याचा रेणू आणि सर्वस्वी भिन्न अथवा विजातीय वस्तूचा पृष्ठभाग यातील आकर्षणाला ' आसंजन ' असे संबोधण्यात येते. हे दोन्हीही गुणधर्म हैड्रोजन बंधामुळेच पाण्याला प्राप्त झाले आहेत. आपण पाण्याच्या रेणूंमधील

आकर्षण पूर्वी बघितले आहे. आसंजनीय आकर्षण समजण्यासाठी पाण्याचा रेणू व ओली झालेली कांच यांचे उदाहरण देता येईल. कांचेच्या संरचनेत (सोडियम सिलिकेट) असलेल्या ऑक्सिजन-अणूशी पाण्याचा रेणू हैड्रोजन बंध निर्माण करतो व त्यामुळे आसंजन शक्य होते. या गुणधर्मामुळे पाण्याला प्राप्त झालेले ' पृष्ठ तणाव सामर्थ्य ' इतर कोणत्याही सामान्य द्रवाच्यापेक्षा अधिक असते. याला अपवाद फक्त पाऱ्याचा ! पाण्याच्या या तणाव-सामर्थ्यामुळेच कपडे धुणे, अंग धुणे यासाठी आपण पाण्याचा सढळ हाताने वापर करतो. या तणाव सामर्थ्याची, पोलादाच्या तणाव-सामर्थ्याशी बऱ्याच प्रमाणात जवळीक आहे. झाडातून वाहणारा पाण्याचा सूक्ष्म प्रवाह किंवा मानवी देहातून वाहणारे पाचकरस, देहात नियमितपणे होणारे रक्ताभिसरण, हे पृष्ठ-तणाव व त्याचीच परिणती होत असलेले ' केशाकर्षण ' यांच्या संयुक्त प्रभावामुळेच शक्य झाले आहे. सारणी ३.१ वरून तौलनिक दृष्टिकोनातून पाण्याचे अलौकिक गुणधर्म अधिक सुस्पष्ट होतील.

सारणी ३.१ : पाण्याचे तौलनिक गुणधर्म*

	पदार्थ		गलनबिंदू O°C	अप्रकट गलन उष्णता Cal/g	उत्कलन बिंदू O°C	अप्रकट बाष्पन उष्णता Cal/g	पृष्ठ- (वायु २०° डाई
	(१)		(२)	(३)	(४)	(५)	(
१	अल्कोहोल (एथिल) (C_2H_5OH).	..	—११५	२४.९	७८.०	२०४	
२	ॲसिटोन $(CH_3)_2CO$	..	—०९५	२३.४	५६.६	१२४.५	
३	बेन्झिन (C_6H_6) †	..	०५५.१	३०.३	८०.०९	९४.२	
४	क्लोरोफॉर्म ($CHCl_3$)	..	—०६३.०	..	६१.२	५८.५	
५	ईथर ($C_4H_{10}O$)	..	—१२३	..	३४.६	८३.०	
६	हैड्रोक्लोरिक अम्ल (HCl) 20 %	..	—०६५	..	११०.०	..	
७	सल्फ्युरिक अम्ल .. (H_2SO_4) 20 %	..	—०१०.५	२४.०	३३०.०	१२२.१	
८	टरपेंटाईन ($C_{10}H_{16}$)	..	—०१०.०	..	१५९.०	७०.०	
९	पारा (Hg) ..	..	—०३८.९	२.८२	३५६.६	७०.६	
१०	पाणी (H_2O)	..	..	७९.७१	१००.०	५३९.५५	

*इ. इ. कॉन व पी. के. स्टम्फ यांच्या Outlines of Biochemistry, २ री आवृत्ती व ए. सी. m atical and Physical Tables या पुस्तकांवरून संकलित केले आहे.

† बेन्झीनची विशिष्ट उष्णता ५° सें. ला दिली आहे. बाकी सगळ्यांची 0° सें. ला दिली आहे.

शुद्ध पाण्याच्या शोधात

पाणी आणि जीवन यांचा अन्योन्य संबध बघितल्यावर आणि पाण्याचे विशिष्ट गुणधर्म अभ्यासिल्यानंतर आरोग्याला विघातक नसणारे असे शुद्ध पाणी ही प्राणिसृष्टी आणि वनस्पतिसृष्टी यांची प्राथमिक गरज आहे हे मुद्दाम सांगण्याची गरज नाही. अनादी कालापासून स्वच्छ व सुरक्षित पाण्यासाठी मानव अविश्रान्त धडपड करीत आला आहे. जुन्या ग्रंथातून आढळणारे, " . . . . . . व्यापन्नस्य च अग्निक्वथनं, सूर्यातपप्रतापनं, तप्तायःपिंडदानं, सिकतालोष्टानां निर्वापणं प्रसादनं वा कर्तव्यम् । " * हे संदर्भ याचीच साक्ष देतात. त्यावेळच्या आणि आताच्या शुद्धतेच्या कल्पनेत फरक एवढाच की, आता शुद्धतेची व्याख्या शास्त्रीय संशोधनाच्या वाढीबरोबर अधिकाधिक सुस्पष्ट होत चालली आहे. शास्त्रशुद्ध बनत चालली आहे. शुद्धता पारखून घेण्यासाठी निरनिराळ्या 'मानक कसोट्या' विकसित केल्या जात आहेत. शुद्धता ही 'गुणात्मक' न राहतां परिमाणात्मक अथवा 'मात्रात्मक' होऊ पाहते आहे. तिच्या विमिती अधिक स्पष्ट केल्या जात आहेत. उपयोगानुरुप पिण्यासाठी, सिंचनासाठी, शीतनासाठी, बाष्पित्रांसाठी इ. असे पाण्याचे वर्गीकरण करून त्यासाठी स्वतंत्र 'मानके' तयार केली जात आहेत. या मानकांची ओळख करून घेण्यापूर्वी 'शुद्धता' म्हणजे नेमके काय, हे स्पष्ट केले पाहिजे व त्या अनुषंगाने शुद्ध पाण्याची व्याख्या करण्याचा यत्न केला पाहिजे. (या पुस्तकांत प्रामुख्याने पिण्याच्या पाण्याचा विचार केला असल्याने व्याख्याही त्याच दृष्टीने करण्याचा प्रयत्न आहे.)

पिण्याच्या पाण्याच्या बाबतीत स्वास्थ्याच्या दृष्टिकोनातून स्वास्थ्य-अभियंत्याला अभिप्रेत असलेली शुद्ध पाण्याची व्याख्या निखळ रसायनशास्त्रज्ञ किंवा भौतिकिशास्त्रज्ञ यांच्या व्याख्येहून बरीचशी वेगळी आहे. रसायन शास्त्राप्रमाणे शुद्ध पाणी म्हणजे काय व तसे पाणी निसर्गात उपलब्ध होते का हे आपणास प्रथम पहावे लागेल.

रासायनिकदृष्टया शुद्ध पाणी :

रासायनिकदृष्ट्या शुद्ध पाणी हे हैड्रोजनचे दोन भाग आणि ऑक्सिजनचा एक भाग यापासून तयार झालेले संयुग– H_2O असते. यात हैड्रोजन आणि ऑक्सिजन यांच्या व्यतिरिक्त इतर रासायनिक पदार्थांचा अंतर्भाव संपूर्ण निषिद्ध मानला जातो. या दृष्टीने पाहता शून्य संवाहकता असलेले 'आसुत जल' अगर 'विखनिजीकरण' केलेले जल हेच फक्त शुद्ध पाणी म्हणून संबोधिता येईल.

हॅरॉल्ड यूरे या अमेरिकन शास्त्रज्ञाने १९३४ साली प्रथमतः असे दाखवून दिले की, प्रदुषित न झालेले नैसर्गिक पाणी वर उल्लेखिलेल्या आसुत जलासारखे शुद्ध कधीच नसते. ते एक

* पिण्याचे पाणी उकळल्याने, उन्हात तापविल्याने, लोखंड लाल करून पाण्यात घातल्याने वाळू, कोळसे यांतून गाळल्याने वा फडक्यातून गाळल्याने शुद्ध होते.

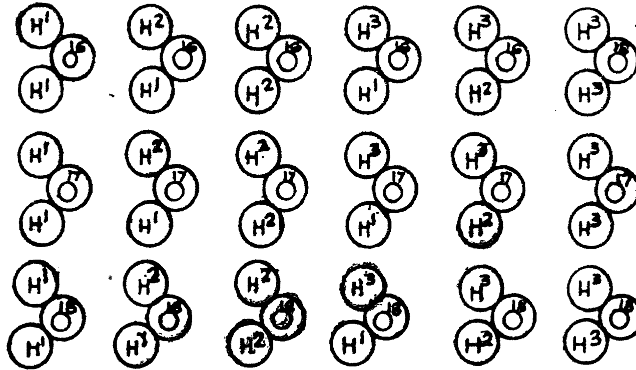
मिश्रण असते. जर पाणी केवळ हैड्रोजन व ऑक्सिजन यांच्याच संयोगातून उत्पन्न झाले असते तर त्याच्या रेणूंचा भार १८.०१६ इतकाच भरला असता. प्रत्यक्षात तो याहूनही जास्त असतो. याचा अर्थ हैड्रोजन आणि ऑक्सिजन या व्यतिरिक्त इतर अणूही त्यांच्या संघटनेत भाग घेतात. यूरेने संशोधनाने नेमके हेच दाखवून दिले आहे. नैसर्गिक पाण्यात एक अणूभार असलेला हैड्रोजन आणि सोळा अणूभार असलेला ऑक्सिजन असतात, व त्याबरोबरच दोन व तीन अणुभार असलेली हैड्रोजनची दोन समस्थानिके आणि सतरा व अठरा अणुभार असलेली ऑक्सिजनची दोन समस्थानिके यांचाही समावेश असतो. हैड्रोजनच्या एकूण तीन समस्थानिकांपैकी प्रत्येक, ऑक्सिजनच्या तीनही समस्थानिकांशी स्वतंत्ररित्या २ : १ या प्रमाणांत संयोग साधतो व त्यातून पाण्याचा रेणू तयार होतो. इतकेच नव्हे तर ही सर्व समस्थानिके एकाच पद्धतीने आयनीकृतही होतात. याचाच सरळ सरळ अर्थ हा की नैसर्गिक पावसाचे तथाकथित शुद्ध पाणी हे कमीत कमी १८ विविध रेण्विक संयुगे आणि १५ निरनिराळ्या प्रकारची आयने यांचे एक मिश्रण असते. (आकृती ४.१).

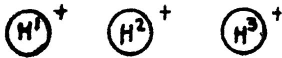
स्वास्थ्याचे दृष्टिकोनातून शुद्ध पाणी :

रासायनिकदृष्टया शुद्ध पाणी निसर्गात सापडत नाही हे आपण पाहिले. शुद्ध म्हणून समजले जाणारे पावसाचे पाणी देखील पृथ्वीवर मानवाला उपलब्ध होईपर्यंत त्यात अनेक द्रव्ये समाविष्ट होतात व आपले अस्तित्व दाखवू लागतात. पाण्याची वाफ संघनित होऊन खाली येत असतांना तिच्यात धुळीचे कण मिसळतात. ऑक्सिजन, कार्बनडाऑक्साइड व इतर वायू यांचे तीत विलयन होते. जमिनीच्या पृष्ठभागाशी संपर्क झाल्यानंतर तीत माती, असेंद्रीय क्षार यांचा शिरकाव होऊ लागतो. त्या पदार्थांबरोबर काही जीवाणूंचाही प्रवेश होतो. काही जीवाणू हवेतून पाण्यात शिरकाव करतात, तर बरेच नदी वा प्रवाहाकडे वाहत जाणाऱ्या पाण्यात मातीच्या माध्यमांतून प्रवेश करतात. जीवाणूंच्या बरोबर नायट्राइटे, नायट्रेटे व अमोनिया यांच्यासारखे सेंद्रीय पदार्थांच्या विघटनाचे उपज पदार्थ अल्प प्रमाणांत पाण्यात विलीन होतात ते वेगळेच. सारांश, सामान्यपणे मिळणारे नैसर्गिक पाणी हे अनेक द्रव्यांचा समावेश असलेले पाणी असते. पृष्ठजल काय किंवा भू-जल काय कमी अधिक प्रमाणात ते कशाचे तरी विलयन अथवा निलंबन असते. या द्रव्यांपैकी काही द्रव्ये आरोग्यास हितावह असतात तर काही अत्यंत हानीकारक असतात.

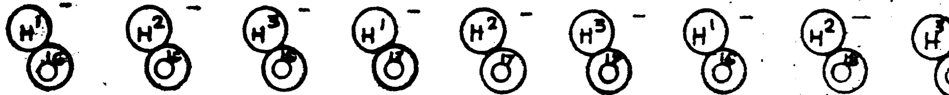
या सर्व्या गोष्टींचा विचार करूनच शुद्ध पाण्याची व्याख्या करणे आवश्यक आहे. पिण्याच्या उपयोगासाठी 'शुद्ध पाणी' म्हणून जेव्हा आपण पाण्याचा विचार करतो तेव्हा रासायनिकदृष्टया शुद्ध असणारे आसुत जल हे देखील नापसंत करावे लागते. पिण्याच्या पाण्यात हैड्रोजन व ऑक्सीजन यांच्या व्यतिरिक्त इतर अनेक रसायनांची आवश्यकता असते. मात्र ही रसायने एका विवक्षित मात्रेपर्यंतच संकेंद्रणित व्हावी लागतात. त्या मात्रेचे उल्लंघन झाले की, त्याचा परिणाम आरोग्यावर होण्याची शक्यता असते. पाण्यात कोणकोणती द्रव्ये असणे आवश्यक आहे आणि ती नसली किंवा कमी अधिक प्रमाणांत असली तर त्यांचे परिणाम काय होऊ शकतात याचा उल्लेख पुढील प्रकरणात केला आहे. शुद्ध पाण्याची सर्वमान्य व्याख्या करावयाची झाल्यास :—

"रंगहीन, गंधहीन, रूचिहीन, रोगाणूंचा व अन्य विषाक्त द्रव्यांचा अभाव असलेले; जीवनावश्यक घटकांच्या बाबतीत हितावह मात्रेने परिपूर्ण असणारे पारदर्शक पाणी" अशी करता येईल.





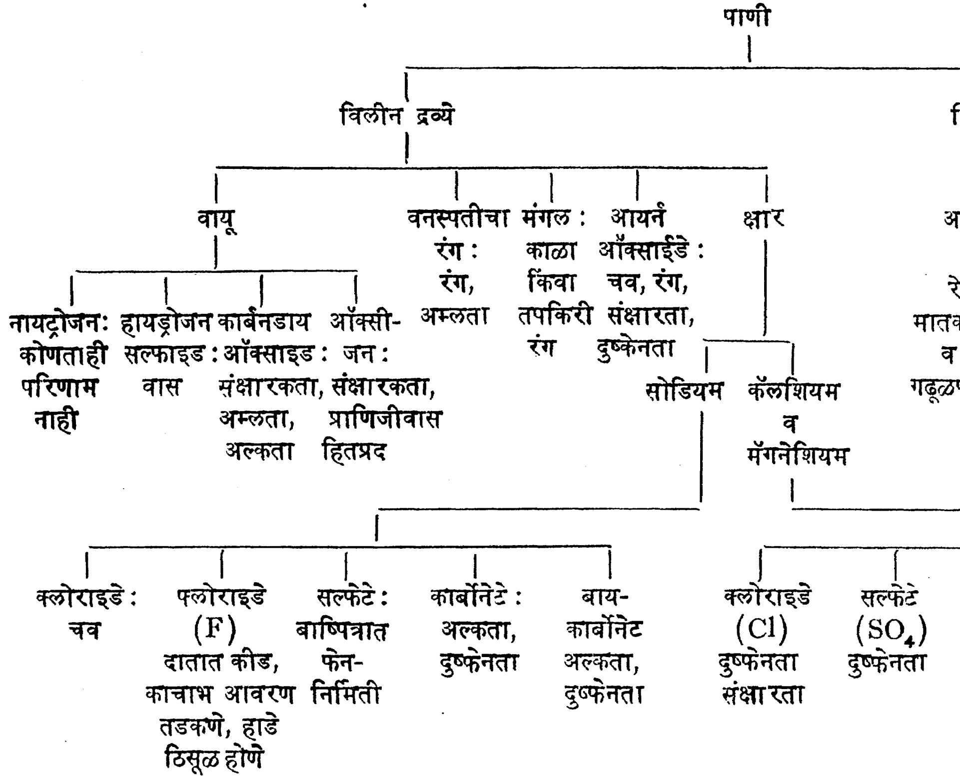




आकृती ४.१ : पाणी म्हणजे, १८ रेणू आणि १५ निरनिराळे आयन यांनी मिळून झालेले एक

या व्याख्येत ज्या ज्या घटकांचा समावेश आहे ते सर्व घटक संध्येच्या वेळी करण्यात येणाऱ्या जलदेवतांच्या प्रार्थनेत अंतर्भूत आहेत. प्राचीन ऋषींना त्यांचे ज्ञान होते का नव्हते हे निश्चितपणे सांगता येणे कठीण आहे. परंतु पाणी हे गरिबातल्या गरिबाचे आरोग्यवर्धक पेय आहे ही अगदी आधुनिक कल्पनासुद्धा त्यात समाविष्ट केलेली आहे. "आपोहिष्ठेति..........आपोजनयथाचनः।" या प्रार्थनेत, "आम्हाला कल्याण-कारक रस द्या. रोगांच्या नाशासाठी आम्ही तुमचा स्वीकार करतो. आम्हास प्रजोत्पादनास समर्थ करा. आम्हाला संपूर्ण आरोग्य द्या. जलात असलेल्या औषधीचा आम्हाला उपयोग होऊ द्या." जल देवतेजवळ केलेल्या या मागण्या पाण्याची केवढी तरी महती सांगून जातात.

पाण्यात सामान्यतः सापडणारी द्रव्ये व त्यांचे संभाव्य परिणाम आ. ४-२ मध्ये दाखविले आहेत. त्यांची तपशीलवार चर्चा पुढील प्रकरणात करण्यात येईल. ढोबळ मानाने असे म्हणता येईल की, पाण्यातील रोगाणूंच्यामुळे विषमज्वर, जठरांत्रदाह, पटकी, आमांश, कावीळ यांच्यासारखे रोग प्रादुर्भूत होतात. शेवाळचांच्या काही जाती अप्रिय वास व चव निर्माण करतात. क्षार जास्त मात्रेत राहिल्यामुळे अप्रिय चवी, दुष्फेनता, संक्षारकता यासारख्या उपद्रवांचा उद्भव होतो.



आकृती ४.२ : पाण्यात सापडणारी अपद्रव्ये व त्यांचे संभाव्य परिणाम.
(E. W. Steel यांच्या Water-supply and Sewerage या पुस्तकातून.)

प्रकरण ५

जलशुद्धता पारखण्यासाठी निर्धारित मानके

शुद्ध पाणी म्हणजे 'रंगहीन, गंधहीन, रुचिहीन, रोगाणू व अपायकारक द्रव्यरहित परंतु प्रमाणीत जीवनावश्यक घटकांनी युक्त असलेले' पाणी होय. शुद्ध पाण्याची ही व्याख्या इतर व्याख्यांप्रमाणे 'आदर्श स्थिती' सूचित करते. असे आदर्श पाणी मिळणे हा बऱ्याच वेळा एक दुग्धशर्करा योगच समजावा लागेल. व्यवहारांत सामान्यत: वापरावे लागणारे पाणी जर नेहमी या आदर्शाच्या कसोटीवर पारखू म्हटले तर बऱ्याच वेळेस पाण्याशिवायच राहावे लागेल. याचा अर्थ, अगदी 'आदर्श पाणी' नसले तरी आदर्शाचा आभास उत्पन्न करणारे, आदर्शाप्रत जाऊ पाहणारे पण प्रकृतीस अपायकारक नसलेले पाणी स्वीकारावेच लागेल. आदर्शाप्रत पोहोचू पाहणारे अशा गुणवत्तेचे पाणी मिळविण्यासाठी देखील काही ठिकाणी कैक वेळा पाण्यावर 'उपचार' करणे भाग पडेल. विशेषत: वाढती लोकसंख्या आणि झपाट्याने होत चाललेले उद्योगीकरण, यांच्या संदर्भात नवीन जलउद्‌गम आणि प्रदूषणाचा परिहार करणाऱ्या उपचारण पद्धती, यांच्यावर प्रचंड संशोधन करण्याची नितांत आवश्यकता आहे. तसे जर केले नाही तर १९७७ च्या मार्च महिन्यात संयुक्त राष्ट्रांच्या वतीने अर्जेंटिनात झालेल्या जागतिक पाणी परिषेदेच्या अधिवेशनात सीरियन प्रतिनिधीने काढलेले, "तेलापेक्षां पाण्याला अधिक किंमत मोजावी लागेल असा दिवस दूर नाही," हे उद्‌गार खरे ठरल्याविना राहणार नाहीत. पाण्याचा साठा मर्यादित असल्यास वापरलेले उपयुक्त पाणी पुन्हा वापरण्याची गरज उत्पन्न होते. अशा वेळी प्रथम वापरापूर्वीच्या मूळ अनुपचारित जलाशी बरोबरी करणारे पाणी मिळविण्यासाठी मलोपचारण करणे व त्यापासून मिळणाऱ्या निस्त्रावाचे तृतीयक उपचारण करणे आवश्यक ठरते. (आकृती ५.१).

'आदर्शाशी बरोबरी करणारे पाणी' असा वाक्‌प्रचार स्वीकारल्यानंतर पाण्यात सामान्यपणे सापडणाऱ्या प्रत्येक घटकाच्या बाबतीत स्वतंत्रपणे विचार करावा लागेल. घटकांचे पाण्यातील परिमाण आणि त्यामुळे आरोग्यावर होणारे परिणाम यांचा अभ्यास महत्त्वाचा ठरेल. त्याचप्रमाणे काही घटकांच्या बाबतीत 'तडजोडीची वृती' स्वीकारावी लागेल. म्हणजेच प्रत्येक घटकाच्या बाबतीत 'स्वीकार्य सांद्रता' आणि 'अनुमेय सांद्रता' निर्धारित कराव्या लागतील. त्यासाठी 'मानके' प्रस्थापित करावी लागतील. स्वीकार्य सांद्रतेपेक्षा जास्त परिमाणात पाण्यातील एखादा घटक जेव्हा आपले अस्तित्व दाखवू लागतो तेव्हा बऱ्याचशा लोकांना तो आक्षेपार्ह भासू लागतो व पाण्याच्या गुणवत्तेचे नियंत्रण करणाऱ्या प्रचलित पद्धतींचे उल्लंघन केले गेले असे समजण्यात येते. मात्र तोच घटक जेव्हा अनुमेय सांद्रतेचीही पातळी गाठू पाहतो त्यावेळी विशेष दक्षता घेणे जरुरीचे असते. कारण हे परिमाण अनुमेय सांद्रता पातळीच्या पलिकडे गेल्यास ते केवळ आक्षेपार्हच न राहता आरोग्यासही विघातक बनते. त्याचा निश्चित परिणाम समाजजीवनावर झाल्याचे दिसून येते आणि पाण्याची 'पेयता' निकृष्ट दर्जाची समजण्यात येते.

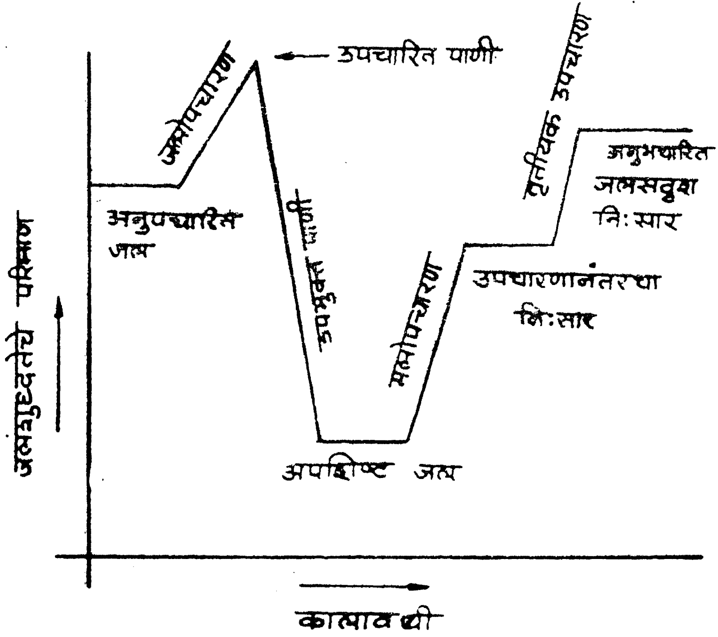
स्वास्थ्य रक्षणाच्या दृष्टिकोनातून घटकांकरिता मानके निर्धारित करत असताना नियामक प्रधिकरणांना प्रत्येक घटकासाठी विशिष्ट हेतू लक्षात ठेवणे जरूर असते. आकृती ५.२ ही मानकासाठी तयार केलेला 'वस्तुनिष्ठ वर्णक्रम' दाखविते. एखाद्या घटकासाठी 'मानक' ठरवित असतानां कोणकोणते हेतू लक्षात ठेवावेत हे या आकृतीवरून लक्षात येते.

जगातील काही प्रगत राष्ट्रांनी आपापल्या राष्ट्रापुरती पाण्याच्या बाबतीतील 'मानके' प्रस्थापित केली आहेत. एवढेच नव्हे तर त्या राष्ट्रातील कोणत्याही भागात पाण्याचे विश्लेषण करणे सुलभ व्हावे म्हणून विश्लेषण पद्धती व परिमाणांची अभिव्यक्ती, यांबाबत कमालीची एकसूत्रता आणली आहे. बऱ्याचशा इतर विकसनशील व अविकसित राष्ट्रात अशा तऱ्हेची मानके वा 'मानक विश्लेषण पद्धती' अस्तित्वात नसल्यामुळे जागतिक स्वास्थ्य संघटनेने—WHO ने—एक स्वतंत्र समिती स्थापन करून व त्यावर निरनिराळ्या राष्ट्रातील निष्णात आरोग्याधिकारी वा 'जनःस्वास्थ्य अभियंते' सभासद म्हणून घेऊन मानकांचा प्रश्न सोडविला आहे व विविध उपयोगांसाठी त्याबाबतची निर्धारित मानके तयार केली आहेत. पिण्याच्या पाण्याबाबत निर्धारित केलेली मानके पुढे दिली आहेत. या मानकांमुळे पाण्याची गुणवत्ता 'अविमितीय' न राहता द्रव्यमानांप्रमाणे 'विमितीय' बनली आहे. गुणवत्तेच्या बाबतीत विमिती आवश्यक ठेवण्याची ही कल्पना आधुनिक शास्त्राची मानवाला मिळालेली अपूर्व देणगी आहे. यामुळे आरोग्यसंवर्धन करणे सुलभ झाले आहे.

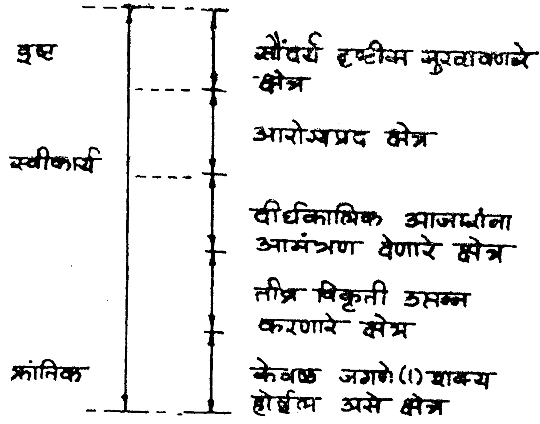
जागतिक स्वास्थ्य संघटनेची मुख्य कचेरी स्वित्झर्लंडमधील जिनिव्हा येथे असून वेळोवेळी त्या समितीच्या सभासदांच्या बैठकी होतात. त्यामध्ये आरोग्यावर विघातक परिणाम घडविणाऱ्या अनेकविध घटकांच्या विश्लेषण पद्धतीविषयी व मानक परिमाणाविषयी चर्चा होते. कधी कधी तर बाजारात येणाऱ्या नवीन औषधांच्या वा डी. डी. टी. सारखी कीटकनाशके, एल. एस. डी. सारखी मादक अफिमी द्रव्ये, संतती निरोधक गोळ्या इ. अन्य द्रव्यांच्या संभाव्य परिणामांविषयी ही चर्चा होते. पोटात घेतली जाणारी द्रव्ये संपूर्णतया पचविली जाऊ शकत नाहीत. त्यापैकी काही भाग मलमुत्रातून बाहेर पडतो. त्याची टक्केवारीही बरीच असते. बाहेर पडणारा भाग वाहित मलजलावाटे पाण्याच्या उद्‌गमाला जाऊन मिळण्याची शक्यता बरीच असते. अर्थात त्यामुळे त्या पदार्थांची पाण्यातील उपस्थिती व त्यांची परिमाणे वाढत जातात.

जलविश्लेषणासाठी 'नमुना' गोळा करण्याच्या पद्धती :

जलविश्लेषणाच्या दोन पद्धती सामान्यकरून वापरल्या जातात. एक रासायनिक विश्लेषणपद्धती व दुसरी जीवाणू-शास्त्रीय विश्लेषण पद्धती. काही विशिष्ट प्रसंगी औद्योगिक उच्छिष्ट, रासायनिक खतांचा शेतपाण्याबरोबर झालेला निचरा पाण्यात झाला असल्याची शक्यता आढळल्यास वा पिण्याव्यतिरिक्त इतर विशेष कारणांसाठी (जसे बाष्पित्रासाठी, शितनासाठी, थंड पेयांच्या कारखान्यासाठी इ.) पाणी वापरावयाचे असल्यास अगर एकादा घटक (रासायनिक) व रोग यांचा अन्योन्य संबंध प्रस्थापित करावयाचा असल्यास रासायनिक विश्लेषण पद्धती वापरली जाते. एखाद्या उद्‌गमातील पाण्याची पेयता ठरविण्यासाठी मात्र या पद्धतीचा प्रत्यक्ष उपयोग होत नाही. पेयता पारखावयाची असल्यास इतर कोणत्याही घटकाच्या अस्तित्वापेक्षा रोगाणूंचे अस्तित्व पाहणे अधिक महत्त्वाचे असल्यामुळे जीवणुशास्त्रविषयक परीक्षाच घ्यावी लागते.



आकृती ५.१ : अपेक्षित गुणवत्ता मिळविण्यासाठी निरनिराळ्या परिस्थितीत करावी लागणारी उपचारणे.



आकृती ५.२ : मानकांचा वस्तुनिष्ठ वर्णक्रम

या दोन्हीही विश्लेषणांचे यश पाण्याचा जो 'नमुना' घेतला जातो त्या नमुन्यावर अवलंबून असते. ज्या पाण्याची पारख करावयाची त्या पाण्यात आणि गोळा केलेल्या नमुन्यात गुणवत्तेच्या बाबतीत अभेदत्व असेल तरच त्या विश्लेषणास अर्थ प्राप्त होईल. म्हणजेच नमुना गोळा करतेवेळी पारख करावयाच्या पाण्याचा तो नमुना 'प्रातिनिधिक' असणे पाहिजे व त्याकरता खबरदारी घेण्याची आत्यंतिक गरज असते. विश्लेषण पद्धती वापरण्यातील अचुकता अगर 'परिकलनातील' अचुकता, यांच्यापेक्षा नमुना गोळा करण्याच्या पद्धतीतील अचूकतेवर अधिक भर द्यावा लागतो. यासाठीच कोणत्याही पाण्याचे विश्लेषण करत असताना केवळ एकाच नमुन्यावर विसंबून न राहता एकाच पद्धतीने एकाच जलाशयातून एकावेळी व निरनिराळ्या वेळी गोळा केलेल्या दोन, तीन किंवा अधिक नमुन्यांच्या विश्लेषणांचे निष्कर्ष एकमेकांशी पडताळून पाहण्यात येतात. त्यासाठी 'सांख्यिकीय विश्लेषण पद्धतीचा' उपयोग करण्यात येतो.

रासायनिक विश्लेषण पद्धती :

या पद्धतीसाठी गोळा करावयाचा नमुना सामान्यत: २ लि. क्षमतेच्या स्वच्छ व 'उदासीन' काचेच्या पक्के बूच असलेल्या बाटलीत गोळा करतात. बाटलीचे तोंड रुंद असते व बूच शक्यतो 'घर्षित-कांच-जोडाचे' असते. ज्या पाण्याचा नमुना गोळा करावयाचा असेल त्या पाण्याने बाटली प्रथमत: विसळून घेतात. 'विकिरणशीलता' मोजावयाची असल्यास काचेपेक्षा पॉलिथिनच्या बाटलीचा वापर करतात. तसेच 'जीवरासायनिक-ऑक्सिजन-मागणी' (BOD) परिकलित करावयाची असल्यास वेगळ्या लहान बाटलीत पाणी भरून त्यात मँगेनिज सल्फेट व अल्कीय सोडीयम् अझाइड घालून पाण्यातील विलीन अवस्थेतील ऑक्सिजन "आबद्ध" करून घेतात. यामुळे त्या विशिष्ट वेळी असलेली "जी ऑ मा" (BOD) काढणे शक्य होते. गोळा केलेल्या पाण्यात जीवरासायनिक क्रिया सुरू होऊ नयेत व त्याची गुणवत्ता बदलू नये म्हणून नमुना शक्यतो निम्न तपमानात विशेषेकरून 0° से. मध्ये ठेवतात.

जीवाणुशास्त्रीय विश्लेषण पद्धती :

या पद्धतीसाठी नमुना गोळा करावयाचा असल्यास बाटलीसंबंधीचे 'विनिर्देश' वर वर्णन केल्याप्रमाणेच असतात; फक्त तिची जलधारण क्षमता ३०० मि. लि. इतकीच असते. नमुना गोळा करण्यापूर्वी बाटली ऑटोक्लेव्हमध्ये प्रती इंच वर्ग १५ पौंड अगर प्रति सें. मी. वर्ग १.०५४ कि. ग्रॅ. इतक्या दाबाखाली (या दाबाखाली १२१·६° सें. इतके तपमान असते) १५ मिनिटे ठेवून 'निर्जंतुक' करून घेणे अत्यावश्यक असते. नाहीतर बाटलीतील जंतू *एरव्ही शुद्ध असलेल्या पाण्यास अशुद्ध बनवून विश्लेषण फसवे बनवू शकतात. बाटलीचा गळा व घर्षित-काच-जोडाचे झाकण यांच्यामध्ये बाटली निर्जंतुक करण्यापूर्वी ब्राऊन पेपरचा तुकडा ठेवतात. त्यामुळे उच्च तपमानात बूच गळ्याला चिकटून बसत नाही. बुचाला कागद गुंडाळून ट्वाईन दोऱ्याने कागद बांधण्याची पद्धत कसोशीने पाळतात. नमुना गोळा करावयाचे वेळी 'संदूषण' होऊ नये म्हणून बाटली वा

* जंतू हा शब्द 'जिवाणू', 'रोगाणू', 'विषाणू' व इतर एककोषिक जीवमात्र या सर्वांना मिळून वापरलेला आहे.

काढलेल्या बुचाचा मातीशी स्पर्श होऊ देत नाहीत. बूच हातात धरून ठेवतात व बाटली ओसंडून वाहीपर्यंत काठोकाठ भरून घेतात. तुडुंब भरलेल्या बाटलीला बूच बसवितात. नदी, नाला किंवा तलाव, यातून पाण्याचा नमुना गोळा करावयाचा असल्यास बाटली काठापासून काहीशा दूर अंतरावर पाण्यात शक्यतितक्या खोलीपर्यंत बुडवून भरतात. पाणी खूप खोल असेल तर निर्जंतुक केलेल्या बादलीने (बादलीत थोडेसे स्पिरीट वा अल्कोहोल टाकून पेटवावे. बादलीऐवजी लहान भांडे वापरले असेल तर स्पिरीटचा बोळा टाकून तो पेटवावा) पाणी वर काढून त्यात बाटली बुडवतात. नमुना गोळा केल्यानंतर १२ ते २४ तासांच्या आत तो विश्लेषणासाठी वापरण्यात येतो. तोपर्यंतच्या काळात तो बर्फ-पेटीत वा फ्रीजमध्ये 0° सें. तपमानात ठेवण्यात यतो. नळातून पाण्याचा नमुना घ्यावयाचा असल्यास बाटलीत थायोसल्फेटचे ३-४ थेंब टाकून मग बाटलीत पाणी भरतात. (यामुळे अवशिष्ट क्लोरीन नाहीसे होते.)

पाण्याचा नमुना गोळा करण्यासाठी जागेची निवड, एकूण पाणीपुरवठा, जलउद्गम, त्यातली निरनिराळी उपचारण संयंत्रे व त्यांच्या जागा, यांची संपूर्ण माहिती गोळा केल्या-नंतर, मगच करतात. एकाद्या विशिष्ट ठिकाणच्याच पाण्याची शुद्धता पारखावयाची असेल तर तेथील नमुना प्रातिनिधिक असावा. यासाठी योग्य जागा शोधून (साधारणतः पाणी खळखळ वाहणारी अशी जागा) मगच तेथील नमुना गोळा करतात.

नमुन्यांची संख्या व ते गोळा करण्यामधील 'वारंवारता', समस्येच्या तीव्रतेवर वा गांभिर्यावर अवलंबून असते. जर कोणतीही विशिष्ट समस्या नसेल, तर नेहमीच्या 'आंतरायिक' विश्लेषणासाठी लोकसंख्येवर आधारभूत अशी वारंवारता ठेवतात. खाली दिलेली माहिती या बाबतीत मार्गदर्शक ठरते.

वाटप किंवा 'वितरण पद्धतीत' शिरणाऱ्या अनुपचारित पाण्याचे नमुने गोळा करताना खाली दिल्याप्रमाणे वारंवारता ठेवतात. वितरण पद्धतीत ज्या बिंदूच्यापाशी पाणी प्रवेश करते तेथील नमुने गोळा करण्यात येतात.

सारणी ५.१ : अनुपचारित पाणीपुरवठा होत असलेली लोकसंख्या व नमुने गोळा करण्याची वारंवारता *

पाणीपुरवठा होत असलेली लोकसंख्या			एकापाठोपाठ घेतल्या जाणाऱ्या दोन अनुक्रमिक नमुन्यातील कमाल कालावधी
२०,०००	लोकसंख्येपर्यंत	..	एक महिना.
२०,००१—५०,०००	,,	..	दोन आठवडे.
५०,००१—१,००,०००	,,	..	चार दिवस.
१,००,००० पेक्षा जास्त लोकसंख्येस			एक दिवस.

* इंडियन कौन्सिल ऑफ मेडिकल रिसर्च (ICMR) या संस्थेने निर्धारित केलेली वारंवारता.

वितरण पद्धतीमधील पाण्याचे विश्लेषण करावयाचे असल्यास सारणी ५·२ मध्ये दिलेली वारंवारता उपयोगात आणली जाते.

सारणी ५·२ : वितरण पद्धतीतून पाणीपुरवठा होत असलेली लोकसंख्या, नमुने गोळा करण्यासाठी आवश्यक वारंवारता व नमुन्यांची किमान संख्या *

पाणीपुरवठा होत असलेली लोकसंख्या	दोन अनुक्रमिक नमुन्यांमधील कमाल कालावधी	संपूर्ण वितरण पद्धतीमधून गोळा करावयाच्या नमुन्यांची किमान संख्या
२०,००० पर्यंत	एक महिना	प्रत्येक ५,००० लोकसंख्येस प्रति मास एक नमुना याप्रमाणे.
२०,००१—५०,००० ,,	दोन आठवडे	
५०,००१—१,००,००० ,,	चार दिवस	
१,००,००० पेक्षा जास्त ..	एक दिवस ..	प्रत्येक १०,००० लोकसंख्येस प्रति मास एक नमुना याप्रमाणे.

*ICMR या संस्थेने निर्धारित केल्याप्रमाणे.

जीवाणुविषयक मानके :

पाण्याची ‘ पेयता ’ पारखत असताना ही मानके अत्यंत उपयुक्त असतात. पिण्याच्या पाण्याशी संबंधित असलेला महत्त्वाचा धोका म्हणजे वाहित मल वा मानवी विष्ठेमुळे होणारे संदूषण. अशा तऱ्हेचे संदूषण अगदी ‘ ताजे ’ असेल व संदूषण करणारे हे दूषित आजारामुळे पछाडलेले रोगी अथवा दूषित तापाच्या ‘ कारक-कोषिकां ’ना–रोगाणूंना—आसरा देणारे वाहक असतील तर पाण्यात रोगाणू असण्याची शक्यता निर्माण होते. अशा तऱ्हेने संदूषित झालेल्या पाण्याच्या सेवनामुळे रोग फैलावण्यास अधिक मदत होते. जेव्हा मलात अथवा विष्ठेत रोगाणूंचे अस्तित्व असते तेव्हा त्यामध्ये त्यांच्याहीपेक्षा जास्त संख्येत, आंतड्यात नेहमीच वसती करून राहणारे सामान्य पण निरुपद्रवी ‘ आन्त्रनिवासी जीवाणूही ’ असतात. या निरुपद्रवी जीवाणूंची पाण्यातील संख्या व त्यांचा रोगाणूंशी असलेले ‘अनुपात’ सर्वसाधारणतः साठहजारास एक असा असतो. या निरुपद्रवी जीवाणूंचे पाण्यातील अस्तित्व शोधणे सोपे आहे, रोगाणूंना शोधण्यापेक्षा तर बरेच सोपे! म्हणूनच सर्वसाधारणपणे अशा तऱ्हेच्या सामान्य आन्त्रनिवासी जीवाणूंची पाण्यातील अनुपस्थिती रोगाणूंच्या अनुपस्थितीची बऱ्याच निश्चित प्रमाणात हमी देऊ शकते. याच कारणांसाठी विष्ठेतील ‘ दण्डाकृती जीवाणू ’ हे ‘ विष्ठा

प्रदूषणाचे निदर्शक ' समजले जातात. विष्ठा प्रदूषणाचे निदर्शक जीवाणू म्हणजे ' इश्चेरिश्चिया कोली ' आणि कोलींचा संपूर्ण समाज वा समुच्चय. यांनाच अलिकडे ' विष्ठीय कोली ' अशा सामान्य नामाने ओळखतात. हे कोली-समुच्चयातील जीवाणू पाण्याच्या संबंधात पाहुणे असल्याने त्यांना ' प्रदूषणाचे निदर्शक ' समजण्यात येते.

गेल्या २-३ दशकात ' विषाणू-रोगांचा ' प्रादुर्भाव चांगलाच जाणवू लागला आहे. १९५५-५६ साली दिल्लीत ज्या रोगाने धुमाकूळ घालून असंख्य निष्पाप मानवांचे बळी घेतले, (ज्यात मराठी भाषिकांना परिचित कवी बा. सी. मर्ढेकर हेही होते) तो काविळीचा रोग विषाणूंपासूनच उद्भवला होता. या रोगांचा छडा लावण्यासाठी ' निदर्शक विषाणू कोषिकांची ' माहिती विद्यमान शास्त्राला नसल्याने, त्यांच्या पाण्यातील उपस्थितीविषयी निश्चयात्मक रीतीने काहीही सांगता येत नाही. अशा वेळी विष्ठीय कोलींची अनुपस्थिती व पाण्यातील अवशिष्ट क्लोरिन हीच सुरक्षिततेची हमी समजावी लागते.

जीवाणुशास्त्रीय दृष्टीने परीक्षण करून पाण्याची गुणवत्ता ठरविताना पाण्याचे (१) अनुपचारित पाणी, (२) उपचारित पाणी व (३) ग्रामीण पाण्याचे नमुने, असे ढोबळमानाने तीन विभाग पाडता येतात. प्रत्येक पाण्याची गुणवत्ता पुढे दिल्याप्रमाणे पडताळून पाहण्यात येते *:—

(१) **अनुपचारित पाणी**.—कोणत्याही महिन्यातील कोणत्याही नमुन्यात कोली. जीवाणूंचा अतिसंभाव्य अंक दर १०० मि. लि. मध्ये १० हून जास्त नसावा-इ. कोली अनुपस्थित असतील तर क्वचित् प्रसंगी दर १०० मि. लि. मध्ये हा अतिसंभाव्य अंक (MPN) २० पर्यंत ' अनुमेय ' धरला जातो. मात्र अशा परिस्थितीत कोलींचा MPN सातत्याने २० किंवा त्याहून अधिक आढळल्यास पाण्यावर उपचार करणे अटळ असते.

(२) **उपचारित पाणी**.—जर प्रती १०० मि. लि. मध्ये कोली-जीवाणू संपूर्णत: अनुपस्थित असतील तर ते पाणी आदर्श समजावे. कोणत्याही एका महिन्यात गोळा केलेल्या व विश्लेषण झालेल्या ९० प्रतिशत नमुन्यांमध्ये कोली-जीवाणूंची अनुपस्थिती किंवा कोली-जीवाणूंचा MPN हा दर १०० मि. लि. ला १ पेक्षा कमी असावा (म्हणजे शून्यच असावा). कोणत्याही एका नमुन्यात हा MPN प्रती १०० मि. लि. ला १० हून अधिक नसावा व कोणत्याही दोन अनुक्रमिक नमुन्यात प्रती १०० मि. लि. ला ८—१० या मर्यादेत सातत्याने नसावा (आठपेक्षा कमी असावा).

(३) **ग्रामीण नमुने**.—पाणी पुरवठ्यांच्या उद्गमांची सुरक्षितता राखण्यात काळजी घेतली जावी. अनुपचारित पाण्यासाठी ठरविलेली मानके या बाबतीत कटाक्षाने पाळली जावीत.

---

* ICMR ने प्रकाशित केलेल्या ' पाणीपुरवठ्यांसाठी निर्धारित केलेले गुणवत्ता दर्शक मानकांची पुस्तिका ', मालिका क्रमांक ४४, १९६२.

रासायनिक व भौतिक गुणवत्तेबाबत ठरविलेली मानके :

नवीन पाणीपुरवठा शोधणे व पाण्याची उद्योगांच्या मागणीच्या दृष्टिकोनातून उपयुक्तता बघणे यासाठी रासायनिक विश्लेषणांचा उपयोग बऱ्याच संशोधनात होतो.

रासायनिक खते वापरलेल्या शेतातून बाहेर पडणारे शेतपाणी वा उद्योगातून बाहेर पडणारी अपशिष्टे पाण्यात निस्सारित होत असल्याची शंका आल्यास घातक द्रव्यांच्या परीक्षणार्थ अनुपचारित पाणी व उपचारित पाणी यांचे नमुने दर ३ महिन्यांतून किमान एकदा तरी गोळा केलेच पाहिजेत. पाणीपुरवठ्याच्या उगमस्थानापाशी घातक पदार्थ अनुमेय मर्यादेच्या खाली थोड्याशा प्रमाणात जरी असले तरी अशा तऱ्हेचे नमुने गोळा करण्याची वारंवारता अधिक ठेवावी लागते. त्याचप्रमाणे प्रदूषणाची संभाव्यता जिथे जिथे असेल तिथे व औद्योगिक वसाहतींचे साहचर्य असलेल्या क्षेत्राजवळील पाणीपुरवठ्यामधील नमुने घेण्याची वारंवारता अधिक ठेवणे नेहमीच शहाणपणाचे ठरते.

वारंवार कराव्या लागणाऱ्या रासायनिक परिक्षणासाठी गोळा करावयाचे नमुने पुढे दिलेल्या सूचनांप्रमाणे गोळा करण्यात येतात. ५०,००० हून अधिक लोकवस्तीला पाणी-पुरवठा करणारे उद्‌गम असतील तर तेथील नमुने ३ महिन्यांतून किमान एकदा व ५०,००० पर्यंतच्या लोकवस्तीला पाणीपुरवठा करणारे उद्‌गम असतील तर तेथील पाण्याचे नमुने बऱ्याच वेळा व जास्त वारंवारता ठेवून गोळा करावेत. उद्‌गम नवीन अगर 'प्रस्तावित' असतील तर स्थानिक परिस्थिती लक्षात घेऊन बऱ्याच वेळा परीक्षण करावे लागते व त्यावरून वारंवारता निश्चित करावी लागते.

सारणी ५.३ : रासायनिक विश्लेषणासाठी निर्धारित मानक *

(अ) **घातक पदार्थ :**

पदार्थ		कमाल अनुमेय सांद्रता प्रती लिटरला मिलिग्रॅम (mg/l)
सायनाईड् (CN)	..	०·०१
शिसे (Pb)	..	०·१०
अर्सेनिक (As)	..	०·२०
क्रोमियम (Cr^{6+})	..	०·०५

(आ) **आरोग्यावर परिणाम घडवून आणणारी विशिष्ट रासायनिक द्रव्ये :**

काही रासायनिक द्रव्ये पिण्याच्या पाण्यात विशिष्ट सांद्रतेपेक्षा अधिक असली तर ती आरोग्याला विघातक ठरतात. यापैकी काही द्रव्ये ठराविक सांद्रतेपेक्षा कमी असली (विशिष्ट सांद्रतेपेक्षा कमी) तरीही त्यांचा आरोग्यावर विघातक परिणाम घडून येतो :—

(१) **फ्लोराइडे.**—यांची सांद्रता ०.५ ते १.५ मि. ग्रॅ./लिटर या मर्यादित हवी. ०.५ मि. ग्रॅ./लि. पेक्षा कमी किंवा १.५ मि. ग्रॅ./लि. पेक्षा जास्त सांद्रता आरोग्यावर विघातक परिणाम घडवून आणते.

(२) **नायट्रेटे.**—यांची सांद्रता ४५ मि. ग्रॅ./लि. पेक्षा जास्त नको.

(इ) पाण्याची 'पेयता' हिणकस ठरविणारी रासायनिक द्रव्ये :—

द्रव्ये	कमाल स्वीकार्य सांद्रता*	कमाल अनुमेय सांद्रता*
रंग	५·०	५०·०
चव	आक्षेपार्ह नसावी	..
गंध	"	..
गढुळता	५·०	२५·०
एकूण घनद्रव्ये	५००·०	१,५००·०
लोह (Fe)	०·३	१·०
मँगेनिज (Mn)	०·१	०·५
तांबे (Cu)	१·०	१·५
जस्त (Zn)	५·०	१५·०
कॅलशियम ($CaCO_3$)	१८७·५	५००·०
मॅग्नेशियम (Mg)	५०·०	१५०·०
सल्फेटे ($SO_4^{=}$)	२००·०	४००·०
क्लोराइडे (Cl^-)	२००·०	६००·०
मॅग्नेशियम + सोडियम सल्फेट	५००·०	१,०००·०
फेनॉलिक द्रव्ये (फेनॉलच्या स्वरुपात)	०·००१	०·००२
कार्बन क्लोरोफॉर्मचा अर्क	०·२	०·५
अल्किल बेन्झिल सल्फोनेट	०·५	१·०
विकिरणशीलता (pCi/l)		
α, उत्सर्जक	३·०	
β, उत्सर्जक	३०·०	
pH मूल्य	७.० ते ८.५	६·५ पेक्षा कमी नको व ९·२ पेक्षा जास्त नको.

या प्रकरणात दिलेली मानके पिण्याच्या व इतर घरगुती वापरावयाच्या पाण्यापुरतीच मर्यादित आहेत. पोहण्याच्या तलावातील पाण्याची गुणवत्ता, सिंचनासाठी वापरल्या जाणाऱ्या पाण्याची गुणवत्ता, शीतनासाठी किंवा प्रक्षालनासाठी किंवा सर्वसाधारण प्रक्रियांसाठी वापरल्या जाणाऱ्या पाण्याची गुणवत्ता दाखविणारी वेगवेगळी मानके प्रस्थापित केली आहेत. ती या प्रकरणाच्या शेवटी दिली आहेत. औद्योगिक वापरासाठी वापरली जाणारी मानके प्रकरण ९ मध्ये पहा.

या मानकांच्या पार्श्वभूमीवर पाण्यातील निरनिराळी द्रव्यें व त्यांचे आरोग्यावर होणारे परिणाम पुढील प्रकरणात विस्तृतपणे चर्चिलेले आहेत.

* रंग, गढुळता, PH मूल्य सोडून सर्व द्रव्यांची अभिव्यक्ती मिलीग्रॅम/लिटर अशी केली आहे. हे मानक कुटुंब कल्याण व स्वास्थ्य मंत्रालय, भारत सरकार यांच्यामार्फत १९७१ मध्ये प्रसिद्ध झाले आहे.

सारणी ५.४ : विविध उपयोगांसाठी वापरल्या जाणाऱ्या पृष्ठीय जलाबाबत निर्धारित केलेली मानके*

गुणवैशिष्ट्ये	सार्वजनिक पाणीपुरवठा व स्नानासाठी उपयोजिली जाणारी जलाशये	मत्स्योत्पादनासाठी उपयोजिली जाणारी जलाशये	सिंचाईसाठी वापरले जाणारे पाणी
जी ऑमा (BOD)—५ दिवसानंतर २०° c ला.	३	..	..
विलीन ऑक्सिजन—प्रतिशत् संपृक्तता	४०	४०	..
पी. एच्. मूल्य	६ ते ९	६ ते ९	..
एकूण विलीन घनद्रव्ये (मि.ग्रॅ./लि.)	..	..	२,१००
फेनॉलिक द्रव्ये (मि.ग्रॅ./लि.) C_6H_5OH	०.००१	..	..
सायनाइडे (मि.ग्रॅ./लि.) CN (मि.ग्रॅ./लि.)	०.०१	..	..
फ्ल्युराइडे (मि.ग्रॅ./लि.) F (मि.ग्रॅ./लि.)	१.५०	..	..
अर्सेनिक (As) .. (मि.ग्रॅ./लि.)	०.२०	..	..
क्रोमियम (Cr) .. (मि.ग्रॅ./लि.)	०.०५	..	..
तांबे (Cu) .. .. (मि.ग्रॅ./लि.)	०.१०	..	..
क्लोराइडे (Cl) .. (मि.ग्रॅ./लि.)	६००.००	..	६००.०
मुक्त कार्बन-डाय-ऑक्साइड CO_2 (मि.ग्रॅ./लि.)	..	६.०	..
अमोनिया नायट्रोजन NH_3_N (मि.ग्रॅ./लि.)	..	१.२	..
बोरॉन B (मि.ग्रॅ./लि.) ..	..	..	२.०
सल्फेटे SO_4 (मि.ग्रॅ./लि.) ..	..	..	१०००.०
विद्युत संवाहकता २५° से. ला	..	१०००×१०^{-६} mho	३०००×१०^{-६} mho
प्रतिशत सोडियम	..	..	६०
कोली समुच्चयातील जीवाणू (मासिक सरासरी MPN प्रति १०० मि. लि.)	५,००० पेक्षा जास्त नको. यापैकी ५ प्रतिशत नमुन्यांमध्ये २०,००० अगर त्यापेक्षा जास्त MPN नको व २० प्रतिशत नमुन्यांमध्ये ५,००० पेक्षा जास्त वा त्याइतका MPN नको.	..	..
विकिरणशीलता——			
α उत्सर्जक pCi/l	३		
β उत्सर्जक pCi/l	३०		

*इंडियन स्टँडर्ड इन्स्टिटयूशन या संस्थेने प्रकाशित केलेल्या IS : २२९६ (१९६३) या मानकाप्रमाणे.

सारणी ५.५ : काँक्रीट तयार करण्यासाठी लागणाऱ्या पाण्यासाठी निर्धारित केलेले मानक*

(१) २०० मि. लि. पाण्याचे उदासिनीकरण करण्यासाठी ०.१ प्रसामान्यतेच्या सोडियम हैड्रोक्साइडचे २ मि. लि. पेक्षा अधिक द्रावण लागावयास नको.

(२) २०० मि. लि. पाण्याच्या उदासिनीकरणासाठी ०.१ प्रसामान्यतेच्या हैड्रोक्लोरिक अम्लाचे १० मि. लि. पेक्षा अधिक द्रावण लागावयास नको.

(३) प्रतिशत् घनद्रव्ये :

(अ) सेंद्रीय	०.०२ %	पेक्षा जास्त नको.
(आ) असेंद्रिय	०.३० %	पेक्षा जास्त नको.
(इ) सल्फेटे	०.०५ %	पेक्षा जास्त नको.
(ई) अल्कीय क्लोराइडे ..	०.१० %	पेक्षा जास्त नको.

*IS : ४५६ (१९६४).

सारणी ५.६ : पोहोण्याच्या तलावांसाठी लागणारे पाणी व तत्संबंधी निर्धारित मानक*

गुणवैशिष्टचे	निर्धारित मानके†
रासायनिक :	
pHमूल्य	७.५ ते ८.५
एकूण अल्कता ($CaCO_3$)	५० ते ५००
ॲल्युमिनिम (Al^{+++})	०.१
एकूण अवशिष्ट क्लोरिन	अन्तर्ग्राही मुखाजवळ ०.५ निर्गम मुखाजवळ ०.२
२७° सें. ला ४ तासात होणारे ऑक्सिजनचे अवशोषण.	१.०
जीवाणुविषयक :	
'प्लेट काऊंट' ..	प्रति मिलि लिटरला २०० पेक्षा जास्त नको.
'कोलीफॉर्म'	एका महिनाभरात परीक्षण केलेल्या नमुन्यांपैकी १० प्रतिशत नमुन्यांपेक्षा जास्त नमुन्यांचा MPN हा ° पेक्षा जास्त नको. १० प्रतिशत नमुन्यांमध्येही कोणत्याही दोन अनुक्रमिक नमुन्यांत MPN १० पेक्षा जास्त नको.

*IS : ३३२८ (१९६४).

†pH मूल्य व जीवाणूविषयक मानके सोडून इतर सर्व mg/l अशी अभिव्यक्त केली आहेत. MPN हा प्रति १०० मि. लिटरमध्ये दिला आहे.

सारणी ५.७ : शीतन, प्रक्षालन व सर्वसाधारण प्रक्रियेसाठी वापरले जाणारे पाणी*

गुणवैशिष्ट्ये		शीतनासाठी	प्रक्षालनासाठी	प्रक्रियेसाठी
एकूण दुष्फेनता ($CaCO_3$)-mg/l	..	३०	३०	..
लोह (Fe) ..	mg/l ..	..	०.१	०.१
मंगल (Mn) ..	mg/l ..	..	०.१	०.१
श्लेष्म-निर्माणक जीवाणू ..	..	अनुपस्थित हवेत.	..	..

*IS : ४२५१-(१९६७).

प्रकरण ६

पाण्यातील जीवसृष्टी

पाण्यातील अपद्रव्यांचा विचार करत असताना निलंबित अवस्थेत राहणारे निरनिराळे सजीव व निर्जीव पदार्थ दृष्टीआड करता येणे केवळ अशक्य आहे. निलंबित अवस्थेतील निर्जीव पदार्थांमुळे निर्माण होणाऱ्या गढूळतेचा व रंगाचा विचार पुढील प्रकरणात करण्यात येईल. गढूळता व रंग हे उपद्रवकारक असले तरी त्यामुळे आरोग्यास बाधा उत्पन्न होत नाही. केवळ गढूळतेमुळे पिण्याच्या उपयोगासाठी असणारा साठा कोणी कधी बाद करीत नाही. याच्या उलट पाण्यात सजीव पदार्थ तरंगताना दिसले तर कोणीही विचार न करता त्या पाण्याच्या साठ्यापासून दूर राहतो. सजीव सृष्टीमुळे बरेच काही होऊ शकते. याच कारणास्तव त्यांचा विचार अधिक सखोल आणि स्वतंत्र पद्धतीने करणे आवश्यक बनते.

या सजीव सृष्टीचा अभ्यास करण्यापूर्वी एक गोष्ट समजावून घेणे अत्यंत आवश्यक आहे. पाण्यात दिसणाऱ्या सजीव सृष्टीतील बऱ्याचशा जाती पाण्याच्या संबंधात उपऱ्या किंवा पाहुण्या नसून जलाशयाच्या अंगभूत अशा किंवा तेथीलच कायमच्या स्थायी जाती असतात. जलाशय हेच त्यांचे कायमचे वसतिस्थान असते. एवढेच नव्हे तर त्या, विशिष्ट पर्यावरणातून देवाणघेवाणीच्या पद्धतीने जीवनावश्यक द्रव्यांची अदलाबदलही करत असतात. थोडक्यात म्हणजे त्या एकमेकांवर अवलंबून किंवा परस्परावलंबी असतात. या विशिष्ट पद्धतीला शास्त्रीय परिभाषेत 'पारिस्थितिक' व याविषयी माहिती देणाऱ्या शास्त्राला 'पारिस्थितिकी' अथवा 'परिस्थिती-विज्ञान' असे म्हणतात. आजच्या युगात कोणताही जीवशास्त्रसंबंधित विषय या पारिस्थितिकीच्या संदर्भातूनच अभ्यासावा लागतो.

जीवो जीवस्य जीवनम् :

पाण्यात सापडणाऱ्या सजीवसृष्टीतील निरनिराळ्या जाती परस्परावलंबी असल्यामुळे कोणत्याही एका जातीची वाढ वा तिच्यातील घट ही दुसऱ्या जातींवर परिणाम घडवून आणल्याविना राहत नाही. पाण्याशी संबंधित असलेल्या पारिस्थितिकीत चार विभाग प्रामुख्याने आढळून येतात :—

(१) निर्जीव वा असेंद्रिय द्रव्ये, (२) उत्पादक कोषिका, (३) उपभोगी कोषिका, व (४) विघटक कोषिका.

पाण्यातील निर्जीव द्रव्यांमध्ये कार्बनडायऑक्साइड, अल्कता, इतर असेंद्रिय आयने आणि उष्णता व पाणी यांच्या सतत होणाऱ्या क्रियेमुळे सान्निध्यात असलेल्या दगडांची झीज होऊन तयार झालेला 'मलमा', यांचा समावेश होतो.

उत्पादक कोषिकांमध्ये प्रकाशसंश्लेषी कोषिकांचा अंतर्भाव होतो. या कोषिका दोन प्रकारच्या असतात. मूळं असलेल्या अगर मोठे आकार असलेल्या तरंगत्या वनस्पती व

सूक्ष्म आकाराच्या तरंगत्या वनस्पती. पहिल्या प्रकारातील वनस्पती साधारणत: बहु-कोषिक असतात तर दुसऱ्या प्रकारातील वनस्पती एक वा बहुकोषिक असतात. सर्वांना परिचित असणारे शेवाळे याच प्रकारात मोडते.

उपभोगी कोषिकांत, उत्पादक कोषिकांनी तयार केलेल्या अन्नावर अवलंबित अशा अगर वनस्पती जगतात मोडणाऱ्या काही कोषिकांचा अंतर्भाव होतो. या कोषिका स्वत: अन्नोत्पादन करू शकत नसल्याने इतरांनी (उत्पादक कोषिकांनी) तयार केलेल्या अन्नावर उपजीविका करतात. याचसाठी यांना 'परजीवी' किंवा 'परोपजीवी' असे म्हणतात. तृणभक्षी व मांसभक्षी असे यांचे पाठभेद आहेत.

जीवाणू, बुरशी यांच्यासारख्या 'मृतोपजीवी' कोषिका मिळून जो विभाग तयार होतो त्यांना विघटक कोषिका असे संबोधितात. या कोषिका विलीन सेंद्रिय पदार्थ व मलमा यांचे विघटन करतात.

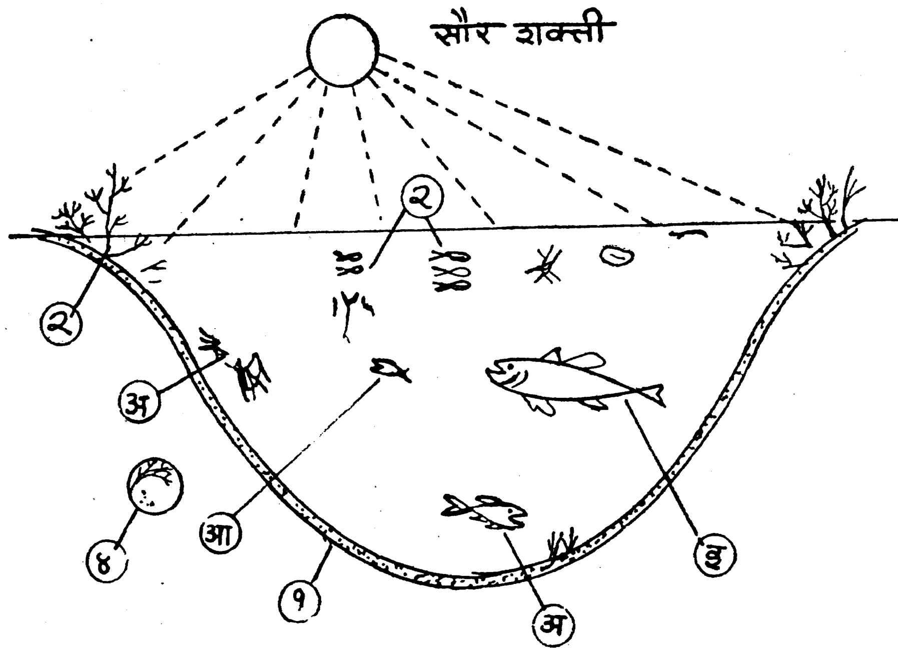
उत्पादक कोषिका, उपभोगी कोषिका व विघटक कोषिका या परस्पर संबंधित असून एक प्रकारची 'अन्नसाखळी' निर्माण करतात. ही अन्नसाखळी म्हणजे 'पारध-पारधी' संबंध असलेला एक अतूट अनुक्रमच असतो. या संबंधामुळेच पारध झालेल्या कोषिकेतील जीवद्रव्यामध्ये आबद्ध झालेली उर्जा पारधी बनलेल्या कोषिकेतील जीवद्रव्यात स्थानान्तरीत होते.

पाण्याशी संबंधित असलेल्या परिस्थितीकीत नैसर्गिक रीतीनेच अन्नसाखळी बनवून आपले अस्तित्व दाखविणाऱ्या महत्त्वाच्या जीवकोषिकांबद्दल अधिक माहिती करून घेणे व त्यांच्या अभावामुळे अगर आधिक्यामुळे होणारे संभाव्य परिणाम समजावून घेणे अतिशय महत्त्वाचे होऊन बसते. (आकृती ६–१). जन:स्वास्थ्य अभियांत्रिकींच्या दृष्टीकोनातून पाण्याशी संबंधित असलेल्या अनेक प्रकारच्या जीवकोषिकांचे सहा प्रधान विभागात वर्गीकरण करून त्याविषयी माहिती दिली आहे.

१. बुरशी :

पाण्यातील निलंबित अवस्थेत सापडणाऱ्या सजीव सृष्टीतील बुरशी हा एक महत्त्वाचा जातिसमुदाय आहे. तो वनस्पतीसृष्टीचा एक घटक असूनही हरित्-द्रव्यांचा संपूर्ण अभाव असल्यामुळे काहीसा वेगळाच वाटतो. या समुदायातील जातींना वाढीसाठी सूर्यप्रकाशाची तितकीशी गरज भासत नाही. हरित्-द्रव्यांचा अभाव असल्यामुळे अर्थातच कार्बन आणि ऊर्जा यांच्यासाठी त्यांना इतर सेंद्रिय पदार्थांवर अवलंबून राहावे लागते. या त्यांच्या विशिष्ट गुणधर्मामुळे हा समुदाय वनस्पतीवर्गाहून भिन्न भासतो, तसेच बहुकोषिक वैशिष्ट्यामुळे जीवाणूंच्या पासूनही आपले स्वतंत्र अस्तित्व दाखवून देतो. ज्या ठिकाणी, पाण्यात सेंद्रिय द्रव्यांचा निचरा होतो त्या ठिकाणी सामान्येकरून या सूक्ष्म कोषिकांची वसती आढळते. बुरशींच्या अनेक जातींपैकी फायकोमायसिटी, ॲस्कोमायसिटी, व फंजाय इम्परफेक्टी या जाती स्वास्थ्यदृष्टीकोनातून विशेष महत्त्वाच्या आहेत. मायक्रोस्पोरम, ट्रायकोफायटन या बुरशींमुळे गजकर्णासारखे त्वचारोग उद्भवतात.

बुरशीचे आकारमान फारच लहान म्हणजे ५ ते १० मायक्रॉन (१ मायक्रॉन=१/१००० मि. मि.) रुंदी व तितकीच लांबी. जीवाणूंच्या तुलनेत बघता त्यांच्या संघटनेत प्रथिने कमी असतात.



(१) नि

(२) उ

(३) उप

(अ)

(आ)

(इ)

(४) वि

आकृती ६.१: नैसर्गिक परिस्थितीत आढळणारी अन्नसाखळी

मानवाच्या सुदैवाने त्याच्याशी संबंधित अशा बुरशीच्या रोगकारक जाती फारच कमी आहेत. वनस्पतींच्या बाबतीत मात्र अगदी बरोबर उलटी परिस्थिती असते. बुरशी 'वातापेक्षी' असल्याने त्यांना वाढीसाठी विलीन ऑक्सिजनचा सतत पुरवठा असावा लागतो. या त्यांच्या गुणधर्मामुळेच की काय कोण जाणे वातापेक्षी मानवाशी हा जातिसमुदाय जरा सहानुभूतिने वागत असावा. ज्या काही थोड्या जाती मानवाच्यादृष्टीने अपायकारक आहेत त्या सर्वसाधारणपणे त्वचेवर ज्या ठिकाणी रक्तपुरवठा सहज होऊ शकतो अशा ठिकाणीच आपला प्रभाव दाखवितात.

पाणी वाहून नेणाऱ्या 'प्रणालात' या कोषिकांची बेसुमार वाढ होते. या कोषिकांची वाढ व त्यांचा विनाश प्रणालातच होत असल्याने कोषिकांतील सेंद्रिय द्रव्यांचे विघटनही तेथेच होते. यामुळेच पाण्यास एकप्रकारची दुर्गंधी व बेचव प्राप्त होते, या वास व चवीचा निरास करण्यासाठी क्लोरीन वायू किंवा मोरचूद यांची विशिष्ट मात्रा वापरण्यात येते. (सारणी ६.५).

२. शेवाळे :

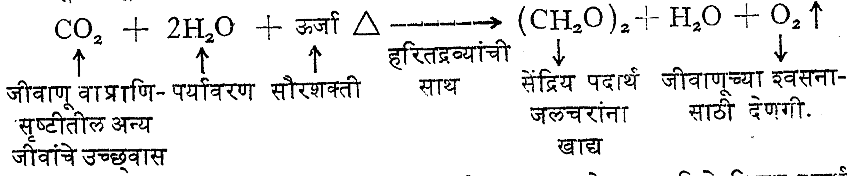
शेवाळ्यांचाही अन्तर्भाव पाण्यातील जीवसृष्टीतच होतो. यामध्ये सामान्यतः सूक्ष्मदर्शी, एक अथवा बहुकोषिक, तरंगणारे किंवा न तरंगणारे असे जीव असतात. स्वतंत्ररीत्या तरंगणारे अगर कुठल्यातरी पृष्ठभागास एक भाग चिकटलेला असल्यामुळे तरंगू न शकणारे असे कोणत्याही प्रकारचे शेवाळे असले तरी त्यांच्यातील एक समान गुण म्हणजे 'ताठा न ठेवणे' म्हणूनच तर संत तुकारामाने 'महापुरे झाडे जाती तेथे लव्हाळी वाचती' असे सार्थतेने म्हटले आहे. शेवाळ्यांच्या असंख्य जाती आणि त्यांची जगण्याची जिद्द ही गोष्ट पटवून देण्यास सिद्ध आहेत. यांचा दुसरा लक्षणीय विशेष म्हणजे या कोषिकांच्यात आढळणारी रंगीत द्रव्ये व कांही जातींच्यात तरंगण्यासाठी उपयोगी पडणारा पुच्छसदृश 'फ्लॅजेला' हा अवयव या दोन गुणधर्मांना प्राधान्य देऊन शेवाळांचे वर्गीकरण केले जाते.

पाण्याच्या गुणवत्तेशी अगर स्थानाशी संबंधित असणाऱ्या विशिष्ट जातींची माहिती सारणी ६.१ मध्ये दिली आहे.

शेवाळे ..{
- नील-हरित शेवाळे किंवा सिअॅनोफायसी उदा. अॅसिलेटोरिया, अॅनाबीना मायक्रोसिस्टिस, मेरिस्मोपिडिया इत्यादी.
- हरित शेवाळे किंवा क्लोरोफायसी उदा. क्लोरेला, सेंडेस्‌सम, युडोरिना, क्लॅमिडोमोनस इ.
- पीत हरित शेवाळे किंवा डायअॅटम उदा. नॅव्हिक्युला, सायक्लोटेला इत्यादी.
- युग्लीनोफायटा फ्लॅजेलायुक्त उदा. युग्लीना, फॅक्स इत्यादी.
- पायरोफायटा तरंगण्यासाठी २ फ्लॅजिले, रंगद्रव्यांच्या बाबतीत विविधता उदा. सिरॅटिअम हिरुडिनेला इत्यादी.

हरितरंगी शेवाळांची जात सूर्यप्रकाशाच्या सान्निध्यात जीवाणू व इतर प्राणिसृष्टीतील जीवांनी उच्छ्वासावाटे बाहेर सोडलेला कार्बनडाय ऑक्साइड व पाणी यांच्यात खाली सूत्ररूपाने लिहिल्याप्रमाणे रासायनिक क्रिया घडवून आणून कार्बोहायड्रेट (सेंद्रिय द्रव्य) ची

व रेण्विक ऑक्सिजनची निर्मिती करतात. सेंद्रिय द्रव्यांच्या उत्पत्तीकरता लागणारी ऊर्जा सूर्यापासून मिळते.



अशा रीतीने निर्माण झालेले कार्बोहायड्रेट कालांतराने व आवश्यकतेनुसार प्रथिने, स्निग्ध पदार्थ व इतर सेंद्रिय पदार्थ यांच्यात द्वितीयक रासायनिक क्रियांच्या द्वारा रूपान्तरीत होते. या संपूर्ण क्रियेला वैज्ञानिक परिभाषेत प्रकाश-संश्लेषण असे म्हणतात. या क्रियेचे आणखी एक वैशिष्टय म्हणजे वनस्पती आणि जीवाणू यांचे सहकारितेच्या तत्त्वावर आधारलेले जीवन. जीवाणूंचे उच्छ्वसित (CO_2) वनस्पतींना उपयोगी पडते तर वनस्पतींनी निर्माण केलेला रेण्विक ऑक्सिजन जीवाणूंना पोषक ठरतो. यालाच शास्त्रीय परिभाषेत सह-अस्तित्व किंवा सहजीवन असे म्हणतात. शेवाळांची नम्रता आणि सहजीवनासाठी ते दाखवित असलेली त्यागवृत्ती माणसाला आदर्श आहे. शेवाळांची उपस्थिती सर्व प्रकारच्या पाण्यात दिसते. स्थानपरत्वे पाण्याच्या गुणवतेप्रमाणे सापडणाऱ्या शेवाळांच्या जाती भिन्न असतात (सारणी ६.१). त्यांच्या या विशिष्ट गुणधर्मामुळे त्यांना 'प्रदूषणाचे निदर्शक' म्हणून ओळखतात.

शेवाळांच्या अस्तित्वामुळे एकप्रकारचा विशिष्ट वास उत्पन्न होतो व पाण्याला वेगळी चव प्राप्त होते. पाण्यात फॉस्फरस, नायट्रोजन ही पोषक द्रव्ये जास्त प्रमाणात निस्सारित झाली तर ते पाणी पौष्णिक बनते व शेवाळांची बेसुमार वाढ होऊन ते पाणी निरुपयोगी बनते. शेवाळांची बेसुमार वाढ प्रतिबंधित करण्यासाठी पाण्यात होणारे निस्सार आधीच पारखून त्यातील फॉस्फरस व नायट्रोजन या द्रव्याचा निरास करणे आवश्यक ठरते.

शेवाळांचा प्रतिबंध क्लोरीन गॅस व मोरचूद यांच्या विशिष्ट मात्रेने करता येतो. सारणी ६.५ पहा.

सारणी ६.१ : पाण्याचे स्थान, त्याची गुणवत्ता व या दोन्हीशी संबंधीत असलेल्या शेवाळांच्या विशिष्ट जाती *

पाण्याचे स्थान व त्याची गुणवत्ता	शेवाळांच्या जाती
१ स्वच्छ पाणी	रिझोक्लोनियम, पिनुलारिया, क्लॅडोफोरा, सरिरेला, सायक्लोटेला, ऱ्होडोमोनास, क्रायसोकॉकस, अँकीस्ट्रोडेस्मस, कॉकोक्लिरिस, नाविकुला, ॲग्मेनेलम, मेरिडिआन, युलोथ्रिक्स, मायक्रोस्टेरिआस, कॅलोथ्रिक्स, इण्टोफिॲलिस, क्रोम्युलिना, हिल्डेनब्राण्डिया, फेकोटोस, स्ट्रारेस्ट्रम, मायक्रोकोलियस, कॉकनिस, लेमानिया.

सारणी ६.१—चालू

पाण्याचे स्थान व त्याची गुणवत्ता	शेवळांच्या जाती
२ पाणीपुरवठ्याच्या दृष्टीकोनातून महत्त्व.	अॅस्टरीओनेला, अॅनाबिना, अॅनासिस्टिस, युरोग्लेनॉप्सिस, हायड्रोडिक्टीऑन, सिनेड्रा, पेरिडेनियम, मॅनोमोलास, अॅफोनिझोमेनॉन, स्टॉरेस्ट्रम, सिरॅटिअम, निटोला, गोम्फोस्फेरिया, डिनोब्रिऑन, व्होल्व्हाक्स, पँडोरिना, टॅबेलारिया, सिनुरा.
३ संचयागारांच्या भिंतीवर सापडणारे शेवाळे.	फॉरमिडियम, युलोथ्रिक्स, गोम्फोनिया, क्लॅडोफोरा अॅक्नांथिक्स, टेट्रास्फोरा, स्टिगिओक्लोनियम व्हाडचेरिया, ऑडोडनेला, लिंग्बिया, चारा, बल्बोचिटी, मायक्रोस्पोरा, कॉम्पोसोगॉन, फायटोकोनिस, बाट्राचोस्पोरियम, सिम्बेला, ड्रापारवाल्डिया, ओडोगोनियम, चिट्रोफेरा.
४ प्लवक आणि इतर पृष्ठीय पाण्यातील शेवाळी.	स्टॉरोनिटस, झिग्नीमा, युडोरिना, पेडिअॅस्ट्रम, डेस्मीडियम, स्टिफॅनोडिस्कस, स्फिरोसिस्टिस, गोनियम, अॅक्टीनॉस्ट्रम, सेंडेसमस, सिलिंड्रीस्पटगम, फॅकस, उसीस्टिस, यूस्ट्रम, ब्रॉट्रीओकॉकस मॉडगोओटीया, गोम्फोस्पेरिया, मायक्रोक्टिनियम, युग्लीना, नेडुलारिया सिलॅस्ट्रम, फ्रॉजिलारिया.
५ प्रदूषित पाणी	फॉरमिडियम, अॅग्मेनिलम, कारटेरिया, लिपोसिक्लिस, निश्चियापायरोब्रोट्रीस, अॅनाबिना, युग्लीना, टेड्राएड्रॉन, क्लोरोकॉकस स्पायरोगायरा, अॅसिलोटेरिया, फॅकस, क्लोरोगोनियम, क्लोरेला, अॅनासिस्टस, स्टिगोक्लोनियम, ग्रॉम्फोनिया, क्लॅमिडोमोनॉस लिंग्बिया, ऑर्थोस्पायरा.
६ निस्यंदक तुंबविगाऱ्या शेवाळांच्या जाती.	डिनोब्रिऑन, अॅनासिस्टिस, सिम्बेला, ट्रीबोनेमा, क्लोरेला, सिविड्रा, रिव्हुलारिया, मेलोसिरा, क्लोस्टेरियम, टॅबेलरियम, सायक्लोटेला, नाविकुला स्पायरोगायरा, अॅसिलॉटेरिया, ट्रॅकेलोमोनॉस, अॅस्टरिओनोला, पामेला, फॅजिलारिया, अॅनाबिना, डायॅटम.

* United Nations Environmental Programme साठी सिनसिनाटी येथील R. A. Taft Centre ने तयार केलेल्या रंगीत चित्रावरून तयार केली.

३. जीवाणू :

परिचित जीवाणूंच्या जातीही अगणित असल्याने त्यांचा अभ्यास करण्यासाठी एक स्वतंत्र शाखा 'जीवाणूशास्त्र' निर्माण केली गेली आहे. या असंख्य जीवाणूंपैकी फक्त 'जलजीवाणू' व त्यातही जलवाहित रोगांचे कारक जीवाणू किंवा 'जलवाही रोगाणू' यांचाच फक्त विचार येथे करावयाचा आहे.

जलजीवाणूंपैकी बरेचसे जीवाणू स्वास्थ्यविषयक दृष्टीकोनातून विशेष महत्त्वाचे नसतात. वास्तविक पहाता जीवाणू हे खऱ्या अर्थाने "वैश्विक" आहेत. ते अजिबात नाहीत असे नैसर्गिक ठिकाण सापडणे कठीण आहे. अर्थातच गुणवत्तेच्या दृष्टीने स्वच्छ व शुद्ध पाण्यात देखील जीवाणूंचे अस्तित्व असते. फक्त फरक एवढाच की, हे जीवाणू रोगकारक किंवा 'रोगाणू' नसतात. या दृष्टीकोनातून जलजीवाणूंचा अभ्यास करावयाचा झाल्यास– (१) नैसर्गिक स्वच्छ पाण्यातील जीवाणू, (२) मातीच्या सान्निध्यात पाणी आल्याने पाण्यात नव्याने आलेले मातीतील रहिवाशी जीवाणू, (३) मलजलाबरोबर पाण्यात वाहून आलेले जीवाणू (यात विष्ठीय जीवाणूही येतील)–अशा तीन भागांत त्यांचे वर्गीकरण करता येईल.

स्वच्छ पाण्यातील जीवाणू :

सामान्येकरून स्वच्छ पाण्यात रोगाणू नसतात. रोगकारक नसलेल्या जीवाणूंमध्येही कोणत्याही एका जातीचे आधिक्य दिसत नाही, तर अनेक जातींचे प्रातिनिधिक व तेही अत्यल्प प्रमाणात आढळून येतात. अर्थात त्यामुळेच कोणतीही विशिष्ट जात आपला प्रभाव पाडू शकत नाही. सर्व जीवाणू एकमेकांसह व मानवाबरोबरही 'मा विद्विषावहै' या भावनेतून सहजीवन जगूं शकतात. उदाहरणार्थ फ्लोरोसण्ट, क्रोमोजेनिक, नॉन-क्रोमोजेनिक ग्रॅम पॉझिटिव्ह व लॅक्टोज् शर्करेचे किण्वन करू शकणारे बिजाणू-धारक, वातापेक्षी जीवाणू स्वच्छ पाण्यात नेहमीच आढळतात. परन्तु यापैकी कोणीही रोगनिर्मिती करत नाहीत.

मृत्तिकानिवासी जीवाणू :

मुळात मृत्तिकेपुरतेच संबंधित असलेले पण पाण्याशी साहचर्य आल्यामुळे पाण्यात अस्तित्व दाखविणारे जीवाणू-मृत्तिकावासी जीवाणू– हे तसे पाण्याच्या दृष्टीतून उपरेच म्हटले पाहिजेत. ते जास्त दिवस पाण्यात राहू शकत नसले तरी अल्पावधीच्या काळात बऱ्याच गोष्टी घडवून आणून बिचाऱ्या निष्पाप पाण्यावर आळ आणू शकतात. या जीवाणूंत साधारणतः वातापेक्षी बीजाणू-धारक दण्डाकृती जीवाणू असतात. वानगीदाखल कांही जातींची नावे पुढील-प्रमाणे :—बी. सब्टीलिस, बी. मायक्रॉइड्, क्लेबसिला, स्ट्रेप्टोमायसी इ.

मलजलनिवासी व विष्ठीय जीवाणू :

यापैकी बरेचसे जीवाणू मानवाच्या किंवा अन्य प्राण्यांच्या वा पक्ष्यांच्या आंतड्यात कायम वस्ती करून राहणारे असतात. यांना आन्त्रनिवासी जीवाणू म्हटले तरी चालेल. हे जीवाणू मूलतः पाण्यात कधीच नसतात. पाण्यात यांचे अस्तित्व सापडणे म्हणजेच

पाण्याचे प्रदूषण झाले असल्याचा साक्षात्कार घडणे होय. या जीवाणूंपैकीही सारेच रोग-कारक नसतात. पण रोगाणू साधारणतः यांच्यातच सापडतात म्हणून संख्येने अत्यल्प असलेल्या व शोधून काढण्यास कठीण असलेल्या रोगाणूंना न हुडकता या आन्त्रनिवासी जीवाणूंचे पाण्यातील अस्तित्व हेच निषिद्ध मानले आहे. यांच्यापैकी कांही जीवाणूंची नावे खाली दिली आहेत——इश्चेरिश्चिया कोली, स्ट्रेप्टोकॉकस फिकॅलिस, क्लॉस्ट्रीडियम वेलची, अन्य रोगाणू (विषमज्वर, पटकी, जठरान्त्रदाह इ. रोगांचे कारक जीवाणू). प्रत्यक्ष रोगजनक नसताही मलजलनिवासी व विष्ठानिवासी जीवाणू-समुदाय संभाव्य प्रदूषणाची सूचना देतात. म्हणून मलजल व विष्ठा हे मूलस्त्रोत असलेले जीवाणू 'प्रदूषण-सूचक' समजले जातात. जलवाहित रोगाणू नि त्यांच्यामुळे होणारे 'संक्रामक रोग' सारणी ६·२ मध्ये दिले आहेत. त्याच सारणीत त्या जीवाणूंचे आकारमानही दिले आहे. त्यावरून हे रोगाणू शोधणे कसे कठीण आहे याची कल्पना येईल.

सारणी ६.२: जलवाहित रोगाणू, त्यांचे आकारमान व त्याच्यामुळे संक्रामित होणारे रोग †

रोगाणूचे नाव	आकारमान*	संक्रामक रोग
सालमोनेला टायफी	लांबी १ ते ३ रुंदी ०·८ ते १	विषमज्वर.
सालमोनेला पॅराटायफी ..	..	पराटायफॉईड.
शिगेला डिसेंट्री	लांबी २ ते ३ रुंदी ०·५ ते १	आव.
व्हिब्रीयो कॉलरा/व्हिब्रीयो कोमा	लांबी १ ते २ रुंदी ०·४	अतिसार/पटकी.
इश्चेरिश्चिया कोली ..	..	जठर व आंतडी यांना सूज येऊन हगवण सुरू होते——जठरान्त्रदाह.
स्ट्रेप्टोकॉकस पायोजेन्स ..	०·४ ते ०·७५	घमा खवखवणे.
मायकोबॅक्टेरियम टच्यूबरक्युली	लांबी २ ते ४ रुंदी ०·३ ते ०·५	क्षय.

† प्लेक्स व रेड यांच्या Microbiology पुस्तकावरून तयार केली.

* आकारमान मायक्रॉनमध्ये दिले आहे. १ मायक्रॉन = एक मिलिमीटरचा एक हजारावा हिस्सा किंवा $१०^{३}$ मि. मीटर.

रोगाणूंची संख्या सर्वसाधारण जलजीवाणूंच्या तुलनेने अत्यंत तोकडी असते. या कारणासाठीच सर्वसाधारण जलजीवाणूंच्या वाढीवर नियंत्रण ठेवणे व रोगाणूंचे समूळ उच्चाटन करणे या गोष्टींना जलोपचारण प्रक्रियेत अनन्यसाधारण महत्त्व आहे. पिण्याच्या पाण्याचा पुरवठा करतेवेळी क्लोरिनीकरणाव्यतिरिक्त इतर कोणत्याही उपचारण प्रक्रियेचा उपयोग केला नाही तरी चालू शकते ते याचमुळे. संरक्षित व सुरक्षित अगर निर्धोक पाणीपुरवठा ह्या सामान्य माणसाच्या दृष्टीने अत्यंत प्राथमिक स्वरूपाच्या गरजा आहेत. सारणी ६.२ मध्ये दिलेले रोग, सुधारलेल्या पाश्चिमात्य देशात आजमितीला अस्तित्वात नाहीत. किंबहुना हे सुधारणेचे एक गमक धरले जाते. तेथील लोकांना हे रोग केवळ ऐतिहासिक स्वरूपातच ज्ञात आहेत. या पार्श्वभूमीवर भारतासारख्या विकसनशील देशातील महत्त्वाच्या शहरांत (महानगरात) या रोगांचे प्रमाण काय आहे हे पाहणे लक्षणीय ठरेल. वानगीदाखल म्हणून महाराष्ट्रातील मुंबई, पुणे, नागपूर व सोलापूर या महानगरपालिका असलेल्या चार गावामधील जलवाहित रोगांची आकडेवारी सारणी ६.४ मध्ये दिली आहे. आकडेवारी त्या त्या महानगरपालिकेच्या कचेरीतून उपलब्ध झालेली आहे.

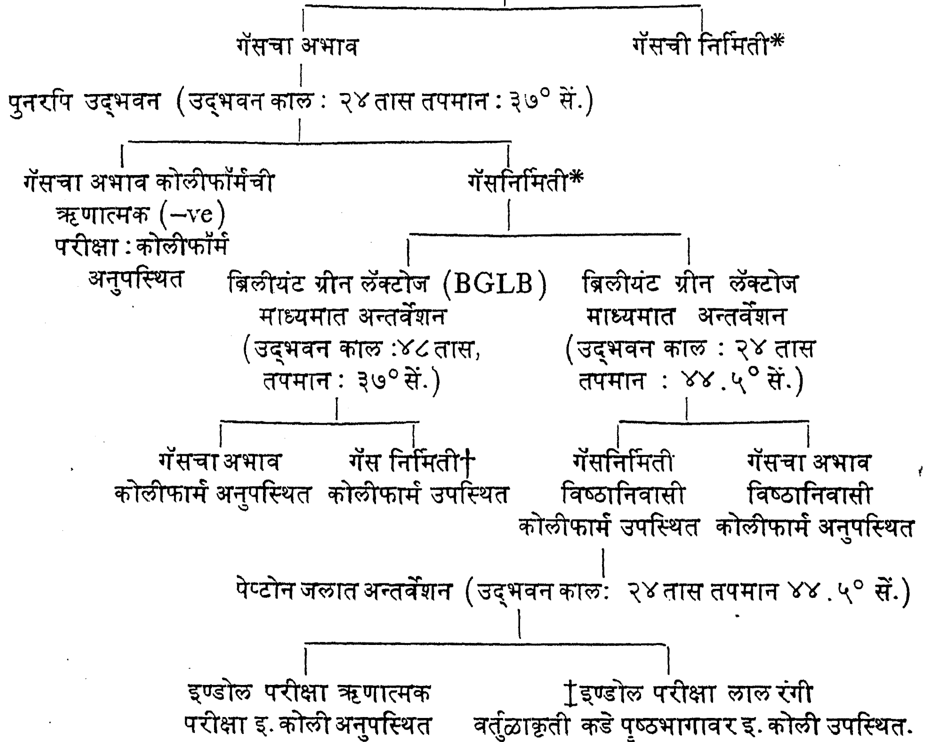
सर्वसाधारणपणे हे जीवाणू सूक्ष्मदर्शी, एककोषिक असून त्यांच्यात तरंगद्रव्यांचा पूर्णतः अभाव असतो. त्यांची उत्पत्ती 'अनुप्रस्थ द्विविभाजनपद्धतीने' गुणोत्तर श्रेणीत म्हणजेच १, २, ४, ८, १६, ३२, ६४ . . . . . . या क्रमाने होत जाते. त्यातही एक अभ्यसनीय गोष्ट म्हणजे दोन अनुक्रमिक पिढ्यात असलेला कालावधी एवढा लहान असतो की एका दिवसात त्यांच्या किती तरी पिढ्या निर्माण होतात नि किती तरी संख्या वाढू शकते! या त्यांच्या बहुप्रसव गुणधर्मामुळेच जीवाणूंचे यशस्वी नियंत्रण करणे अत्यंत महत्त्वाचे ठरते. जीवाणू अगर रोगाणू अनियंत्रितपणे वाढू लागले म्हणजेच साथींना आमंत्रण दिले जाते. सारणी ६.३ मध्ये काही जीवाणूंच्या बाबतीतील दोन अनुक्रमिक पिढ्यांमधील कालावधी पाहिला असता याची प्रचिती येईल.

सारणी ६.३ : कांही जीवाणूंच्या दोन अनुक्रमिक पिढ्यांमधील कालावधी†

विशिष्ट जीवाणू	अनुक्रमिक पिढ्यांमधील कालावधी (मिनिटात)
इश्चेरिश्चिया कोली	१२·५ ते १७
मायकोबॅक्टेरियम ट्यूबरक्युली ..	७९२ ते ९३२
स्टॅफिलोकॉकस ऑरियस	२७ ते ३०
स्ट्रॅप्टोकॉकस लॅक्टीस	३० ते ४८

† प्लेक्झर व रेड यांच्या Microbiology या पुस्तकावरून तयार केली.

आकृती ६.२: पाण्यातील कोलीफॉर्म, विष्ठानिवासी कोलीफॉर्म आणि इश्चेरिश्चिया कोली शोधून काढण्यासाठी करावे लागणारे पाण्याचे विश्लेषण.



*अनुमानी परीक्षा (Presumptive test) : ग्रॅम धनात्मक बिजाणूधारी वातनिरपेक्षी दण्डाकृती जीवाणू; ग्रॅम धनात्मक बिजाणू धारणा न करणारे दण्डाकृती जीवाणू; सूक्ष्मदर्शी गोलाकृती जीवाणू, यिस्ट किंवा बुरशी; बऱ्याच जीवाणूंचा मिश्र समुदाय किंवा कोलीफार्म यापैकी कोणतेही जीवाणू धनात्मक परीक्षा देऊ शकतात.

†संपोषक परीक्षा (Confirmatory test) : फक्त कोलीफार्मच ही परीक्षा धनात्मक रीतीने पास करू शकतात.

‡निश्चित परीक्षा (Completed test) : इश्चेरिश्चिया कोलीच फक्त ही परीक्षा धनात्मक रीतीने पास करू शकतात.

(Hammer च्या Water and Waste Water Technology मधुन).

संक्रामक रोगांचे कारक रोगाणू पाण्यातून काढून टाकले की, पाणी निर्धोक बनते. परंतु हे रोगाणू सूक्ष्मदर्शकाखाली हुडकून काढणे किंवा त्यांचा पाण्यातील अस्तित्वाचा शोध घेणे हे तितकेसे सोपे नाही ; व्यवहार्य पण नाही. रोगाणूंचा स्वतंत्ररित्या शोध घेण्यासाठी त्यांची संख्या बरीच हवी व त्यांचे आकृतिबंध, त्यांची पौष्णिक व वातावरणीय आवश्यकता यांचा सखोल अभ्यास करावयाला हवा. रोगाणूंच्या अत्यल्प संख्येमुळे एखाद्या पाण्याच्या नमुन्यापुरताच अभ्यास करावयाचा म्हटले तर निश्चित माहिती मिळू शकत नाही व मिळते तेव्हा तिचा प्रभाव लोकवस्तीवर आधीच घडून आलेला असतो. त्याचसाठी केवळ पाण्याची पेयता पारखण्यासाठी घेतल्या जाणाऱ्या 'दैनंदिन व नित्याच्या परीक्षणात' रोगाणूंचे स्वतंत्र अस्तित्व शोधण्याचा प्रयत्न कधीच केला जात नाही. फक्त काही विशिष्ट परिस्थितीत (साथीच्या वेळी) दैनंदिन परीक्षणात पेयता निकृष्ट दर्जाची आढळल्यास अचूक कारक-रोग संबंध (रोग व त्याचा कारक रोगाणू) प्रस्थापित करण्यासाठी अशी स्वतंत्र रोगाणू-परीक्षा घेतली जाते ; व रोगाणूचे अस्तित्व निःसंदेह रीतीने दाखविले जाते. पेयता पारखण्यासाठी रोगाणूंचे अस्तित्व सूचित करणाऱ्या 'प्रदूषण-सूचक' जीवाणूंचाच फक्त शोध घेतला जातो व त्यावरून पाण्याची स्वीकृती ठरविली जाते.

सस्तन प्राणी व पक्षी यांची विष्ठा आणि घरगुती मल हे रोगाणूंचे उद्‌गम समजले जातात. यामुळेच नंतर ज्या समुदायात रोगाणू वर्गीकृत केले जातात त्या 'कोलीफॉर्म' जीवाणूंतील 'विष्ठानिवासी' कोलींच्या उपवर्गाला शोधणे हे कोणत्याही पाण्याची पेयता पारखत असताना महत्त्वाचे ठरते. कोलीफॉर्म किंवा विष्ठीय कोली असले तर रोगाणू असण्याची शक्यता वाढते. उलटपक्षी कोलीफॉर्म वा विष्ठीय कोली अनुपस्थितीत असले तर रोगाणू नक्कीच अनुपस्थित असतात. या संबंधाचा फायदा पाण्याची पेयता पारखताना घेता येतो. कोलीफॉर्म व रोगाणूंचा संबंध विशद करण्यास त्यांचे एकमेकांशी असलेले प्रमाण उपयोगी पडते. रोगाणूंचा कोलीफॉर्मशी असलेला अनुपात हा साधारणपणे १ : ६५,००० असतो. १०० मि. ली. पाण्याच्या नमुन्यात एकाहून अधिक कोलीफॉर्म असले तर पाणी मलामार्फत प्रदूषित झाले आहे असे समजण्यात येते. कोलीफॉर्मचे अस्तित्व दिसून आल्यास विष्ठानिवासी कोलींची पाहणी केली जाते. त्यासाठी त्यांची पौष्णिक गरज भागविणारे 'विशिष्टच माध्यम' वापरून त्यात त्यांची उत्पत्ती होते का हे बघितले जाते (यासाठी तपमान व इतर आवश्यक गोष्टीही लक्षात घेतल्या जातात.) त्यांचे अस्तित्व विष्ठाप्रदूषणाची खात्री पटवून देते. विष्ठीय कोलीफॉर्ममध्ये इश्चेरिश्चिया कोली हा जीवाणू बहुधा असतो. हा जीवाणू विष्ठा अगर विष्ठेमुळे संदूषित झालेले पाणी अथवा पदार्थ याविना अन्यत्र सापडत नाही. कोलीफॉर्म समुदायातील इतर जीवाणूंच्या मानाने हे अल्पायुषी असतात व प्राण्यांच्या शरिराव्यतिरिक्त इतरत्र उत्पत्ती करू शकत नाहीत. या सर्व कारणांमुळे इश्चेरिश्चिया कोली या जीवाणूला प्रदूषण-सूचक-जीवाणू असे मानतात. 'पेयता' पारखण्यासाठी 'दैनंदिन सर्वनित्य परीक्षण पद्धती' म्हणून जी पद्धती वापरण्यात येते ती आकृती ६-२ मध्ये दाखविली आहे.

इ. कोलीचे अस्तित्व रोगाणूंच्या अस्तित्वाची संभाव्यता दाखवित असले तरी इ. कोलीचे अस्तित्व म्हणजेच रोगाणूंचे अस्तित्व असे समीकरण मांडणे बरोबर होणार नाही. इ. कोली व रोगाणू हे दोन्हीही आन्त्रनिवासी असल्याने विष्ठेबरोबर विसर्जित होतात. दोन्हीत फरक सापडतो तो त्यांच्या संख्येच्या बाबतीत आणि जंतुनाशकाच्या संबंधात असलेल्या प्रतिकारशक्तीत इ. कोली हे नेहमीच रोगाणूंपेक्षा संख्येने अधिक असतात व जंतुनाशकांच्या

संबंधात त्यांची प्रतिकारशक्ती रोगाणूंच्या प्रतिकारशक्तीपेक्षा तुलनेने अधिक असते. अर्थातच त्यामुळे इ. कोलींचे उच्चाटण म्हणजेच रोगाणूंचे उच्चाटण हे समीकरण यथार्थ ठरते. म्हणूनच इ. कोलींची पाण्यातील अनुपस्थिती निर्धोक पाण्याची ग्वाही समजली जाते. जीवाणुशास्त्रीय गुणवत्तेशी संबंधित मानकांमध्ये एवढ्याचसाठी 'कोणत्याही एका नमुन्यात कोलीफॉर्मचा अतिसंभाव्य अंक प्रतिशत् मि. लीटर मध्ये १ हून कमी असावा' असा दण्डक घातला आहे*.

इ. कोलींशिवाय इतरही काही जीवाणू प्रदूषणसूचक जीवाणू म्हणून वापरता येतात. मात्र त्यांच्यासाठी माध्यम व तपमान यांच्यात त्या त्या जीवाणूप्रमाणे फरक करावा लागतो. आकृती ६–२ मध्ये दाखविलेली पद्धत त्याबाबतीत निरुपयोगी ठरते. इ. कोलींशिवाय प्रदूषणसूचक जीवाणू म्हणून वापरता येण्यासारख्या इतर काही जीवाणूंची नावे खाली दिली आहेत :—

(१) **विष्ठीय स्ट्रेप्टोकॉकस**: या जीवाणूंचा वापर प्रथमतः १९१० साली 'लंडन मेट्रोपॉलिटन वॉटर बोर्ड' मध्ये करण्यात आला. बऱ्याच काळपर्यंत अमेरिकेतील शास्त्रज्ञ या जीवाणूंविषयी उदासीन राहिले पण १९६५ पासून त्यांनीही प्रदूषण-सूचक जीवाणूंमध्ये यांचा अन्तर्भाव केला आहे.

(२) **क्लॉस्ट्रिडियम वेलची**: यांचा वापर अजूनही लोकप्रीय ठरला नाही.

प्रत्येक जीवाणूंच्या बाजूने वा विरुद्ध बाजूने विशिष्ट मुद्दे मांडता येतात. साकल्याने विचार केल्यानंतर इ. कोली हाच अजूनही प्रदूषणसूचक जीवाणू म्हणून मोठ्या प्रमाणावर वापरण्यात येतो.

---

*MPN–अतिसंभाव्य अंक– शोधण्याची संपूर्ण पद्धत या ठिकाणी समग्रपणे चर्चिली नाही. कारण त्यात जीवाणु शास्त्रातील बऱ्याच गोष्टी सविस्तरपणे लिहाव्या लागतील व त्यामुळे पुस्तकाची व्याप्ती वाढेल. सूत्ररूपाने आकृती ६.२ मध्ये ही पद्धत दाखविली आहे.

A-600—5.

सारणी ६.४ : जलवाहित रोगांनी मृत्यूमुखी पडलेल्या माणसांची वार्षिक संख्

(सारणीत दिलेले आकडे फक्त सरकारी दवाखान्यातून उपलब्ध झालेले तेवढेच आ

संक्रामक रोग	मुंबई					नागपू		
	१९६९	१९७०	१९७१	१९७२	१९७३	१९६९	१९७०	१९
टॉयफॉईड (विषमज्वर) ..	७८	७५	४७	४८	६०	२३७	१७०	
कॉलरा .. (पटकी) ..	नाही	नाही	नाही	नाही	नाही	२०	९	
कावीळ	१८६	२०१	२०३	१८९	३८८	३२	४६	
गॅस्ट्रोएण्टरायटीस व इतर हगवणीचे रोग.	३,६५५	३,६४९	३,८१७	३,७४५	३,५७२	२०५	१८४	
इतर (बॅसिलरी डिसेंट्री व अमिबायासिस किंवा आमांश).	३२८	४९७	४०३	३३४	३५८	..	..	

सारणी ६·४—पुढे चालू

संक्रामक रोग	पुणे					सोलापू		
	१९६९	१९७०	१९७१	१९७२	१९७३	१९६९	१९७०	१९७१
टॉयफॉईड (विषमज्वर) ..	६०	४२	२३	२६	४६	४८	३१	४
कॉलरा (पटकी)	नाही	नाही	नाही	नाही	१	१	नाही	नाही
कावीळ	६३	७१	६१	६४	६३	१२६	१२८	९
गॅस्ट्रोएण्टरायटीस व इतर हगवणीचे रोग.	५४०	४५७	६९१	६५२	८५०	..	..	.
हगवण (बॅसिलरी डिसेंट्री व अमिबायासिस किंवा आमांश).	४६	४५	२२	२५	३०	..	..	.

आकडेवारी संबंधित महानगरपालिकांच्या स्वास्थ्य अधिकाऱ्यांकडून प्रस्तुत लेखकाला मिळालेल्या माहि
आहे.

.. माहिती मिळू शकली नाही.

४. **विषाणू :**

नाव वारंवार ऐकले असून आणि वरचेवर तोंडात घोळत असूनही ज्याची आपणास फारशी माहिती नाही असा जीव म्हणजे विषाणू. नेहमीच्या सूक्ष्मदर्शकाखाली हा दिसू शकत नाही. याला पाहावयाला लक्षावधी रुपये खर्चून 'इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शक' आणला तरच हा दर्शन देण्याला तयार होतो. नाही तर याचे दर्शन दैवदुर्लभ. विषाणू कुळातील सर्वात लहान विषाणू प्राणिमात्रांच्या इवल्याशा जीवकोषिकात सापडणाऱ्या मोठ्या आकार-मानाच्या प्रथिनाच्या रेणूइतका, तर मोठ्यात मोठा विषाणू लहान आकारमानाच्या जीवाणू-एवढे आकारमान असलेला असतो. सामान्यपणे आकारमान सांगावयाचे झाले तर ते १० ते ३०० पिकोमीटर (१ पिकोमीटर = १ × $१०^{-१२}$ मीटर किंवा $\frac{१}{१००,०००,०००,०००}$ मीटर) इतके असते.

विषाणूंच्यापैकी काही संक्रामक असून त्यांना निस्यंदनशील विषाणू असे म्हणतात. या प्रकारचे विषाणू अतिसूक्ष्म छिद्रे असलेल्या निस्यंदकातून पार होऊ शकतात. कोणताही विषाणू स्वतंत्र रीतीने अभ्यासिला तर एखाद्या निर्जीव सेंद्रिय पदार्थाप्रमाणे दिसतो. रासायनिक विश्लेषणाने असे दाखवून दिले आहे की, विषाणू म्हणजे दुसरे तिसरे काही नसून न्युक्लीइक अम्ल असून त्याच्याभोवती प्रथिनाचे आवरण असते. कधी कधी आवरणाभोवती स्निग्ध पदार्थाचेही वेष्टण आढळते. हे न्युक्लीइक अम्ल RNA किंवा DNA या दोन्हीपैकी कोणतेतरी एक असते. या अम्लामुळेच मूळ विषाणू व त्यापासून निर्माण झालेली संतती यांच्यात अनुवंशिक गुणधर्मांचे सातत्य राहते.

विषाणूंचे वैशिष्टय असे की, जीवाणूसारखे एखाद्या विशिष्ट घन अथवा द्रव माध्यमात त्याचे संवर्धन करता येत नाही. मूळ विषाणूपासून नवविषाणू निर्माण होण्यासाठी माध्यमा-ऐवजी एखादी जीवकोषिकाच आवश्यक असते. म्हणूनच विषाणूला 'आग्रही पराश्रयी' असे म्हणतात. जोपर्यंत जीवकोषिकेत आसरा मिळत नाही तोपर्यंत विषाणू वृत्तीने संकोची व अनाक्रमक असतो पण ज्या क्षणाला विषाणूला जीवकोषिकेत प्रवेश मिळतो त्या क्षणाला तो आक्रमक बनतो. कमालीचा कार्यशील बनतो. इतकेच नव्हे तर त्या जीवकोषिकेचा संपूर्ण ताबा पटकावून आपल्या मर्जीनुरूप कोषिकांतर्गत रासायनिक अभिक्रिया घडवून आणतो. सगळीकडे आपली प्रजा फैलावू लागतो. थोडक्यात म्हणजे ओसरी दिल्यानंतर हात पाय पसरणाऱ्या भटावरही तो ताण करतो. विषाणूच्या भोवती असलेले प्रथिनाचे आवरण 'रक्षक कवच' म्हणून काम करते तसेच कोणत्या जीवकोषिकेत प्रवेश करावयाचा व तिला 'पोषक कोषिका' अथवा 'आश्रयदाता' बनवायचे हे ठरविण्याचे काम करते. प्रथिन व जीवकोषिकेतून बाहेर पडलेले प्रकीण्व यांच्यामधील विशिष्टतेमुळे हे घडून येते.

विष्ठेमुळे पाण्यात उत्सर्जित होणाऱ्या व वाहित मलामुळे संदूषित झालेल्या पाण्यातील विषाणू सामान्यतः पिकोमीटरच्या आकारमानात असतात. यापैकी ज्या विषाणूंच्यामधील न्युक्लीइक अम्ल RNA असते त्या विषाणूंच्या समुदायाला PICORNA-पिकोर्ना-विषाणू असे म्हणतात. या वर्गात पोलिओ, कॉक्सॅकी आणि एको या विषाणूंच्या जाती येतात. श्वासनलिका व डोळे संक्रामित करणारे ॲडिनो विषाणू याच वर्गात मोडतात. सारणी ६.५ मध्ये निरनिराळे विषाणू व त्यामुळे उद्भवणारे संक्रामक रोग दिले आहेत.

संक्रामक कावीळ हा एक असा रोग आहे की, ज्याच्याबाबतीत जलवाहित विषाणू आणि रोग यांचा अन्योन्य संबंध निश्चितीने प्रस्थापित केला गेला आहे. १९५५ साली दिल्ली येथे प्रचंड प्रमाणावर झालेली काविळीची भयानक साथ सर्वपरिचित आहे. नजफगड नाल्यातून वाहणाऱ्या मलामुळे यमुनेचे पाणी संदूषित झाले नि त्या पाण्यामुळे साथ उद्‌भवली. त्या भयंकर साथीमुळे जवळजवळ ३०,००० माणसे संक्रामित झाली. मृत्युमुखी पडलेल्या लोकांची संख्याही बरीच मोठी होती. दिल्लीकरांना 'त्राही भगवान्' करून सोडणाऱ्या ह्या रोगाचा कारक हा विषाणूच होता. ४/५ वर्षांपूर्वी खुपऱ्यांची साथ (कंजंक्टिव्हायटीस) फैलावली होती तीही विषाणूंमुळेच.

रोगकारक विषाणूंचे पृथक्करण व विश्लेषण या गोष्टी अत्यंत अवघड असल्यामुळे यांच्या संशोधनात हवी तशी गती निर्माण होऊ शकत नाही. 'उतक संवर्धनीच्या' सहाय्याने 'प्लेकनिर्माणक एककांची' संख्या निर्धारित करून पाण्यात असलेल्या मूळ विषाणूंची संख्या परिकलित करता येते. परंतु ही सर्व प्रणाली अत्यंत गुंतागुंतीची असून त्यासाठी विशेष शास्त्रीय अभ्यासाची गरज लागते.

सारणी ६·५ : जलवाहित विषाणू व त्यामुळे उद्‌भवणारे रोग*.

विषाणू	रोग
(१) पोलिओ : ३ प्रकार	विकलांग स्थिती, मेनिन्जायटीस.
(२) कोक्सॅकी : 'अ' विभाग-२४ प्रकार	नागीण, मेनिन्जायटीस, सर्दी, कावीळ.
(३) कोक्सॅकी : 'ब' विभाग-६ प्रकार	पित्त, कावीळ, न्युमोनिया, हृद्रोग (लहान मुलांचा).
(४) एको : ३० प्रकार	लहान मुलांची हगवण.
(५) व्हिओ	श्वासनलिकेचे संक्रामण.
(६) ॲडिनो : २८ प्रकार	श्वासनलिका व डोळे यांचे संक्रामण.
(७) नामकरण न झालेले इतर विषाणू ..	अतिसार.

*NEERI ने Microbiology साठी तयार केलेल्या अल्पमुदतीच्या अभ्यासक्रमातील टंकलिखित पुस्तिकेवरून.

५. कृमी :

हे मुख्यत्वेकरून पराश्रयी असतात. कोणाच्या तरी शरीराचा आसरा घेऊन अगर कोणाच्या तरी शरीराचे आसन करून यांची उपजीविका सुरू असते. यांच्यामुळे बरेचसे रोग मानवी शरीरात संक्रामित होतात. संक्रमणाची पद्धत प्रत्येक कृमीप्रमाणे बदलते. सर्वांत परिचित पद्धत म्हणजे पाण्याबरोबर अथवा अन्नाबरोबर अजाणतेपणी व काहीशा हलगर्जीपणे केलेले कृमींच्या अंड्यांचे अगर त्यांच्या 'जीवचक्रात' दिसणाऱ्या एखाद्या मधल्याच पण पूर्ण विकसित न झालेल्या 'स्थित्यंतरशील जीवाचे' भक्षण. कधी कधी स्थित्यंतरशील जीवाला आसरा देणाऱ्या यजमानाचे 'इन्द्राय स्वाहा, तक्षकाय स्वाहा' या न्यायाने सेवन केले जाते व त्याचे पर्यवसान रोगात होते.

मानवी शरीरात रोगोद्भव करणाऱ्या काही कृमींची माहिती पुढे दिली आहे :—

(अ) **जंत** : दोरीसारखे आकाराने गोल व संपूर्ण शरीर अविभाजित असलेले हे कृमी सर्वांना चांगलेच परिचित आहेत. ते साधारणपणे २० ते ३५ सें. मी. लांबीचे असतात. एका टोकाला तोंड आणि दुसऱ्या टोकाला मलविसर्जनासाठी गुदद्वार एवढेच काय ते अवयव बाह्यतः दिसतात. आतल्या बाजूचा अभ्यास केला तर या दोन टोकांना जोडणारी एक आंत्रनलिका दिसते. नर आणि मादी असे भेद दिसतात. मादी नरापेक्षा आकाराने लहान असते. मातीमुळे दूषित झालेल्या पाण्याबरोबर कृमी अगर त्यांची अंडी पोटात जातात. अंड्यांचा पोटात शिरकाव झाल्यावर ती जेव्हा ग्रहणीजवळ येतात तेव्हा त्यांच्यावर रासायनिक अभिक्रिया होते व अंड्यावरील रक्षक कवच गळून पडते व जीव मुक्त होतो. हा जीव नंतर श्लेष्म-पटलातून आंतडी व रक्तवाहिन्यांत शिरकाव करतो व हृदयावाटे फुफ्फुसात प्रवेश करतो. तेथे त्याची वाढ होते व त्यामुळे न्युमोनिया किंवा आंत्ररोध उद्भवू शकतो.

(आ) **अंकुश कृमी** : यांचा उपद्रव इजिप्त आणि भारतात खूप आहे. या कृमींमुळे संक्रामित झालेल्या मानवाच्या विष्ठेत कधी कधी ४० लाखांहून अधिक अंडी सापडू शकतात. ही विष्ठा ओलसर मातीवर पडली तर अंड्यांचे उद्भवन होऊन अळ्या बाहेर पडतात. या अळ्या संक्रामक असतात. त्यांचा मानवी शरीराशी संपर्क होताच त्वचेवाटे त्या आत शिरकाव करून घेतात. त्यांच्यामुळे चेहेऱ्यावर सूज, पंडुरोग, पोटदुखी, हगवण इत्यादी रोग उद्भवतात.

(इ) **नारू** : या कृमी भारतातील महाराष्ट्र, तामीळनाडू, मध्यप्रदेश, म्हैसूर, राजस्थान या राज्यांतील लोकांना सुपरिचित आहेत. या कृमींच्यातही नर आणि मादी असा भेद असून मादी ही नरापेक्षा मोठी असते. ही मादीच साधारणपणे 'कृत्या' असते. गोल, गुळगुळीत, गौरवर्णी आणि दोऱ्यासारखी सडपातळ अशी साधारणपणे ४० ते १२० सें. मी. लांबीची ही मादी माणसाला हैराण करून सोडते. साधारणपणे माणसाच्या त्वचेखाली आसरा शोधून वा अप्रत्यक्षरीतीने सायक्लॉप या यजमान माशीच्या पोटातून मानवी शरीरात पिण्याच्या पाण्याबरोबर ही कृमी प्रवेश करते.

६. **इतर अपृष्ठवंशी जीव :**

(अ) रोगकारी प्रोटोझून : या समुदायात सापडणारे काही एककोषिक प्रोटोझून मनुष्यप्राण्यांच्या आंतड्यांत पराश्रयी म्हणून आयुष्य कंठत असतात. त्यापैकी काहींच्यामुळे विकृती निर्माण होते. काही परिचित रोगकारक प्रोटोझूनांची ओळख करून देण्याचा प्रयत्न खाली केला आहे :—

एण्टामीबा हिस्टोलिटिका : आंतड्यातील श्लेष्मयुक्त आवरणावर संक्रामण करून एपिथिलियम उतकांचा नाश करतात. यामुळे शौचावाटे रक्ती आव पडू लागते. पिण्याच्या पाण्यात विष्ठीय प्रदूषण झाले असेल व विष्ठा या प्राण्यांनी अगर त्यांच्या सिस्टांनी युक्त असेल तर ते पाणी ही विकृती निर्माण करू शकते.

जिआर्डिया लांबिया : उष्ण कटिबंधात राहणाऱ्या मानवाच्या आंतड्यात हा प्राणी विशेषेकरून सापडतो. सापडण्याचे प्रमाण लहान मुलांच्यात जास्त असते. संक्रामण पाण्यावाटेच होते व संक्रामित झालेल्या मुलांच्या व मोठ्या माणसांच्या पोटात वरच्या बाजूला दुखू लागते. शौचावाटे श्लेष्म व चरबी बाहेर टाकली जाते. मात्र यात रक्ताचा अंशही नसतो.

(आ) गंध व चव निर्माणक प्राणी : लोह व गंधक जीवाणू हे लोह (Fe^{+++}) व सल्फेटांचे ($SO_4^{=}$) अवकरण करून पाण्यात (Fe^{++}) व ($S^{=}$) ची निर्मिती करतात. Fe^{++} क्षार व ($S^{=}$) युक्त क्षार पाण्यात विलेय असल्यामुळे पाण्याला वास व चव निर्माण करून देतात.

(इ) अविभाजित शरीराच्या अळ्या : अविभाजित शरीराच्या अळ्या, वास व चवनिर्मितीव्यतिरिक्त आपल्या शरीरात रोगाणूंना आश्रय देऊन नेहमीच्या क्लोरीन मात्रेपासून त्यांना संरक्षण प्राप्त करून देतात व त्याचबरोबर आपल्या दृश्य अस्तित्वाने पाण्याची सौंदर्यहानी करतात—उदाहरणार्थ रक्तवर्णी अळ्या (चिरोनोमाइड लार्व्ही). वास्तविक पहाता या अळ्या स्वत: रोगकारक नाहीत पण रोगाणूंचे आश्रयस्थान असल्याने तितक्याच उपद्रवकारक ठरतात. या वैशिष्ट्याबरोबर रंगामुळे त्यांचे अस्तित्व पाण्याविषयी एकप्रकारचा तिटकारा उत्पन्न करते ते निराळेच.

(ई) निस्यंदक व प्रणाल तुंबविणाऱ्या अळ्या व इतर प्राणी : मंद-वालुका निस्यंदक, वितरण प्रणाल, जल अंतर्ग्राही हे पुष्कळ वेळा एक वा बहुकोषिक सूक्ष्मजीवांमुळे (शेवाळी, गोगलगायी, इतर कवचधारी प्राणी) चोंदून जातात. साधारणपणे नळात पापुद्रे निर्माण झाल्यास त्यात या प्राण्यांना आसरा मिळतो व त्यांची निर्वेध वाढ होते.

सजीव निलंबित प्राणी व वनस्पती यांच्यापासून उद्भवणारे रोग व त्यापासून होणारा उपद्रव बघितल्यानंतर त्यांचा प्रतिकार कोणत्या पद्धतीने करावा असा साहजिकच प्रश्न पडतो. क्लोरीन वायू व मोरचूद हे यावरील रामबाण उपाय आहेत. सारणी ६.६ मध्ये निरनिराळ्या सजीव कोषिका अगर प्राणी आणि त्यांचा प्रतिकार करणाऱ्या मात्रा दिल्या आहेत.

सारणी ६.७ मध्ये पाण्यात निलंबित अवस्थेत आढळणाऱ्या सजीव कोषिकांचा धावता आढावा घेण्याचा प्रयत्न केला आहे. या सारणीवरून सजीव सृष्टीविषयी एकदम स्थूलस्वरूप कळण्यास मदत होईल.

सारणी ६.६ : निलंबित जीवसृष्टी व त्यांचा प्रतिकार करणारे पदार्थ

निलंबित जीव		प्रतिकारी रसायनांच्या संकेंद्रणांची विशिष्ट मात्रा (मि.ग्रॅम/लि.)	
		मोरचूद $CuSO_4, 5H_2O$	क्लोरीन अगर क्लोरीन संयुगे
१ नील-हरित शेवाळे (सिॲनोफायसी).	ॲनाबीना, मायक्रोसिस्टिस, ॲसिलेटोरिया इत्यादी.	०·१ ते ०·५	०·५ ते २·० क्लोरीन वायू.
२ हरित शेवाळे .. (क्लोरोफायसी).	क्लॅडोफोरा, व्होल्व्हॉक्स, हायड्रो डिक्टिऑन, मायक्रोस्पोरा, सेंडेसमस, स्पायरोगारा, युलोथ्रिक्स इत्यादी.	०·१ ते १·०	
३ पीत हरित शेवाळे (डायॲटम).	ॲस्टरीओनेला, फॅजिलारिया, टेबलारिया, नॉव्हिक्युला, सिनेड्रा स्टिफॅनोडिस्कस इ.	०·१ ते ०·५	
४ बुरशी ..	..	०·२ ते ०·४	०·३३ क्लोरीन वायू.
५ प्रोटोझून ..	..	०·०५ ते ०·५ कधी कधी २·० पर्यंत.	क्लोरीन मागणी पूर्ण करून ०·२ mg/l इतका अवशिष्ट क्लोरीन उरण्या-इतपत परिकलित मात्रा.
६ इतर अन्य ..	..	०·२ ते २·०	

सारणी ६·७ : स्वास्थ्य दृष्टिकोनातून सूक्ष्म व बृहत् जीवकोषिकेचे वर्गीकरण

सूक्ष्म व बृहत् जीवकोषिका
(वनस्पती व प्राणी जीवन अन्तर्भूत)

- **उपयुक्त जीवकोषिका** जैविक उपचारण पद्धतीत महत्त्वाचा कार्यभाग उचलतात
- **विघातक/उपद्रवकारक जीवकोषिका** उपद्रव निर्मिती करतात किंवा संक्रामक रोग निर्माण करून आरोग्यात बाधा आणतात

उत्पादक कोषिका	विघटक कोषिका	पारधी कोषिका	रोगाणू	निदर्शक जीवीकोषिका	रोगवाहक	उपद्र… जीव…
प्रकाशसंश्लेषी वनस्पती उच्छ्वसित CO_2 पाण्यातील PO_4 व NH_3 यांचा अन्न म्हणून उपयोग करून जीवद्रव्य निर्माण करतात. यासाठी लागणारी ऊर्जा सूर्यप्रकाशातून घेतात. उदा. शेवाळे. उपयोग : ऑक्सिकरण टांके मलोपचारण क्रिया.	परोपजीवी (तयार सेंद्रिय द्रव्यांवर जगणाऱ्या) वा मृतोपजीवी कोषिका पाण्यात निस्सारित झालेल्या सेंद्रिय पदार्थांचे स्थिरीकरण करण्यास मदत करून ऑक्सिजनचा (विलीन) क्षय थांबवितात. तसेच कार्बन चक्र चालण्यासाठी CO_2 चा पुरवठा करतात. खजिनांची पुनर्प्राप्ती-ही यांच्यामुळेच होते. उदा. वातापेक्षी व वातनिरपेक्षी जीवाणू. उपयोग : वातापेक्षी व वातनिरपेक्षी	नैसर्गिक अन्न-साखळीतील सभासद. अनैसर्गिक परिस्थितीमुळे संख्या वाढलेल्या जीवकोषिकांची (पारध कोषिकांची) पारध करून त्यांचे निर्मूलन करतात. यांचा उपयोग उपचारण पद्धती व आत्मोपचारण पद्धतीत बराच होतो. उदा. बुरशी प्रोटोझून्स कवचधारी प्राणी मासे. प्रोटोझून्स-मध्येही सिलिएट फ्लॅजेलेट रोटीफर. उपयोग : आत्मोपचारण.	रोगकारक जीव-कोषिका १ जीवाणू- सालमोनेला टायफी शिगेला डिसेंट्री व्हिब्रियो कोमा लेप्टोस्पायरा मायोबॅक्टीरियम-ट्यूवरक्युली स्ट्रेप्टोकॉकस २ विषाणू—पोलिओ कॉक्सॅकी एको ॲडिनो व्हिओ ३. प्रोटोझून—ॲमिबा हिस्टोलिटिका जिअॅर्डिया लॅंबिया ४. अळचा कृमी—जंत अंकुशकृमी तिनीया नारू	प्रदुषणसूचक कोलीफॉर्म इ. कोली स्ट्रेप्टोकॉकस कलॉस्ट्रीडियम नीलहरित शेवाळे स्टोन-फ्लाय मेफलाय, वॉटर लाऊस, स्लज वर्म, मॅगॉट.	माशी, पिसवा, उंदीर, घूस, डांस.	१. … गंध, च… निर्मि… लोह … जी… २. कृ… ह… ३. … व गंध… उदा. … ४. क… प्राणी न… उदा. ग…

प्रकरण ७

पाण्यातील अपद्रव्ये

निखळ शुद्ध असे पाणी निसर्गात बहुधा सापडतच नाही. वाफेच्या स्वरूपात असलेल्या ढगातील पाण्याचे संघनन होऊन जेव्हा ते पुनरपि पाण्याच्या स्वरूपात भूपृष्ठावर पडू लागते तेव्हा त्यांच्यात धुळीचे मिश्रण होते व धुळीच्या बरोबरच कांही जीवाणूंचाही शिरकाव होतो. याशिवाय ऑक्सिजन, कार्बनडायऑक्साईड, नायट्रोजन, यांसारखे वायू पाण्यात विरघळतात ते निराळेच. जमिनीच्या पृष्ठभागाशी संपर्क झाल्यानंतर तर माती आणि इतर असेंद्रिय पदार्थ त्यात मिसळल्याने पाण्याची गुणवत्ता झपाटयाने कमी होत जाते. असेंद्रिय पदार्थांच्या बरोबरच पण बऱ्याच कमी प्रमाणात सेंद्रिय पदार्थांच्या विघटनाचे नायट्राइटे (NO_2^-), नायट्रेटे (NO_3^-) व अमोनिया (NH_3) हे उपज पदार्थ पाण्यात विलीन होतात. जे सेंद्रिय पदार्थ विघटित होत नाहीत ; ते निलंबित अवस्थेत राहून पाण्याची गढूळता वाढविण्यास हातभार लावतात. एकंदरीत पृष्ठीय काय किंवा भूजल काय हे कमी अधिक प्रमाणात कशाचे तरी विलयन अथवा निलंबनच असते.

नैसर्गिक पाण्यात विलीन अथवा निलंबित अवस्थेत सापडणाऱ्या अपद्रव्यांचा ढोबळ स्वरूपात अभ्यास करावयाचा झाल्यास पाण्यातील निरनिराळया—विलीन, निलंबित—अवस्थेत सापडणाऱ्या घनद्रव्यांचे परिमाण परिकलित केले की, पुरे होते. परंतु पाण्यातील विलीन अवस्थेत असलेली काही अपद्रव्ये ठराविक सांद्रतेच्यापेक्षा जास्त असल्यास वा क्वचित् प्रसंगी विशिष्ट सांद्रतेपेक्षा कमी असल्यास, प्रकृतीस आणि कांही विशिष्ट औद्योगिक प्रक्रियेस अपायकारक होतात. अर्थातच त्यामुळे उपयोगास अनुसरून पाण्याचे उपचारण करणे आवश्यक बनते. अपद्रव्ये, त्यांचे निर्धारित परिमाण, आणि त्यामुळे प्रकृती अथवा उद्योग यावर होणारे अनिष्ट परिणाम यांची पूर्ण ओळख करून घेतल्याविना काहीही करता येणे शक्य नाही. याचसाठी पाण्यात निलंबित अवस्थेत सापडणाऱ्या सजीव-सृष्टीव्यतिरिक्त (याची माहिती प्रकरण ६ मध्ये आली आहे) जी जी अपद्रव्ये विलीन व निलंबित असतात त्यांचा विचार या प्रकरणात साकल्याने केला आहे. अपद्रव्यांच्या निम्न अथवा अतिरिक्त परिमाणांचा आरोग्यावर होणाऱ्या परिणामांविषयीही चर्चा केली आहे.

विलीन अवस्थेतील वायू :

कोणत्याही वायूचे एखाद्या विशिष्ट द्रवातील विलयन हे हेन्रीच्या सुपरिचित सिद्धांता-प्रमाणे होत असते. हेन्रीच्या सिद्धांताप्रमाणे " तपमान स्थिर असताना, कोणत्याही विशिष्ट आकारमानाच्या द्रवात विलीन होणाऱ्या वायूचे वजन, हे त्या वायूचे त्या विशिष्ट द्रवावर असलेल्या आंशिक दाबाशी प्रत्यक्षानुपाती असते." सूत्ररूपाने हेच असे लिहिता येईल.

$$C \text{ equil} = a \text{ p. gas.}$$

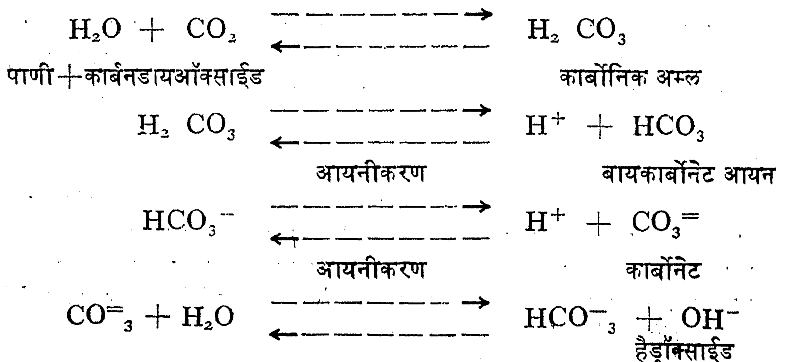
येथे C equil म्हणजे समतोल अवस्थेतील, द्रवात विलीन झालेल्या वायूची सांद्रता होय.
p gas म्हणजे द्रवावर असलेला वायूचा आंशिक दाव आहे.
आणि α हा विशिष्ट तपमान असताना संबंधित वायूचा हेन्रीच्या सिद्धांताप्रमाणे असलेला स्थिरांक आहे.

या सिद्धांताप्रमाणे निरनिराळ्या वायूंचे पाण्यात विलयन होत असते. पाण्याशी संबंधित असलेल्या तीन महत्त्वांच्या वायूंचा विचार खाली केला आहे :—

(अ) **ऑक्सिजन** : चयापचयन प्रक्रिया ही सर्वस्वी ऑक्सिजनवर अवलंबून असल्याने सर्व जीवसृष्टीला कोणत्या ना कोणत्यातरी स्वरूपात ऑक्सिजनची गरज आत्यंतिकतेने जाणवत असते. वातावरणातील ऑक्सिजनवर सर्वस्वी अवलंबून असलेला मानव, प्रत्येकास आवश्यक असलेले ऑक्सिजनचे परिमाण मिळावे म्हणून ज्याप्रमाणे एखाद्या बंदिस्त जागेची संवात-क्षमता लक्षात घेऊन तेथील माणसांच्या कमाल संख्येवर नियंत्रण ठेवू शकतो, त्याचप्रमाणे आरोग्याच्या दृष्टिकोनातून पाण्यात विलीन अवस्थेत असलेल्या ऑक्सिजनच्या परिमाणानुसार पाण्यात उत्सर्जित होणाऱ्या सेंद्रिय पदार्थांवर व जीव-सृष्टीवरही नियंत्रण ठेवतो. कोणत्याही पाण्याची 'आत्मशोधन क्षमता' ही त्यात विलीन अवस्थेत असलेल्या ऑक्सिजनच्या परिमाणाशी प्रत्यक्षरूपाने निगडित असते. पाण्यातील ऑक्सिजनचे प्रमाण हे पाण्यात उत्सर्जित होणाऱ्या ऑक्सीकरणीय सेंद्रिय व असेंद्रिय पदार्थांच्या प्रमाणावर बंधन घालते. या विशिष्ट गोष्टीमुळेच प्रदूषणाचे नियंत्रण करण्यासाठी पाण्यातील विलीन ऑक्सिजनवर बारकाईने लक्ष ठेवण्याची गरज असते.

वातावरणात सापडणारे जवळजवळ सर्व वायू थोड्याफार फरकाने पाण्यात विलेय असतात. ऑक्सिजन फारच थोड्या मात्रेत किंवा सांद्रतेत विलेय आहे. त्याची विलेयता तपमान व वातावरणातील आंशिक दाब यावर अवलंबून असते. वातावरणीय दाब 'एक' असताना निरनिराळ्या तपमानाखाली असलेली ऑक्सिजनची पाण्यातील विलेयता-मात्रा सारणी ७.१ मध्ये दिली आहे.

(आ) **कार्बन डाय ऑक्साईड**: हा वायू विलेयतेच्या बाबतीत इतरांप्रमाणेच आंशिक दाब व तपमान यांच्याशी प्रत्यक्षरूपाने संबंधित आहे. पाण्याबरोबर रासायनिक अभिक्रिया घडून येत असल्यामुळे याचे महत्त्व आणखीनच वाढले आहे :—



$$H_2O + CO_2 \rightleftharpoons H_2CO_3$$

पाणी + कार्बनडायऑक्साईड — कार्बोनिक अम्ल

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3$$

आयनीकरण — बायकार्बोनेट आयन

$$HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^=$$

आयनीकरण — कार्बोनेट

$$CO^=_3 + H_2O \rightleftharpoons HCO^-_3 + OH^-$$

हैड्रॉक्साईड

वर दाखविलेल्या रसायनिक अभिक्रियांमुळे कार्बन-डाय-ऑक्साईड, पाण्यातील अल्कता बायकार्बोनेट, कार्बोनेट व हैड्रॉक्साईडच्या स्वरूपात दाखविते तर अम्लता बाय-कार्बोनेटमुळे दाखविते. पाण्याचे pH मूल्यही या कार्बन-डाय-ऑक्साईडच्यामुळे घडणाऱ्या रासायनिक व्युत्क्रमी अभिक्रियांमुळेच बदलते.

सारणी ७·१ : शुद्ध पाण्यातील निरनिराळ्या तपमानाखाली ऑक्सिजनची विलेयता *

तपमान (अंश सेंटिग्रेडमध्ये)		विलीन ऑक्सिजन mg/l	तपमान (अंश सेंटिग्रेडमध्ये)	ऑक्सिजन mg/l
०	..	१४·६२	१६	९·९५
१	..	१४·२३	१७	९·७४
२	.	१३·८४	१८	९·५४
३	..	१३·४८	१९	९·३५
४	..	१३·१३	२०	९·१७
५	..	१२·८०	२१	८·९९
६	..	१२·४८	२२	८·८३
७	..	१२·१७	२३	८·६८
८	..	११·८७	२४	८·५३
९	..	११·५९	२५	८·३८
१०	..	११·३३	२६	८·२२
११	..	११·०८	२७	८·०७
१२	..	१०·८३	२८	७·९२
१३	..	१०·६०	२९	७·७७
१४	..	१०·३७	३०	७·६०
१५	..	१०·१५	..	..

* मार्क हॅमर च्या Water and Waste Water Technology च्या पुस्तकामधून.

(इ) **नायट्रोजन** : ह्या वायूची विलेयताही ऑक्सिजनप्रमाणेच अत्यंत कमी असून हाही आंशिक दाब व तपमान यानुसार वेगवेगळी विलेयता दाखविते.

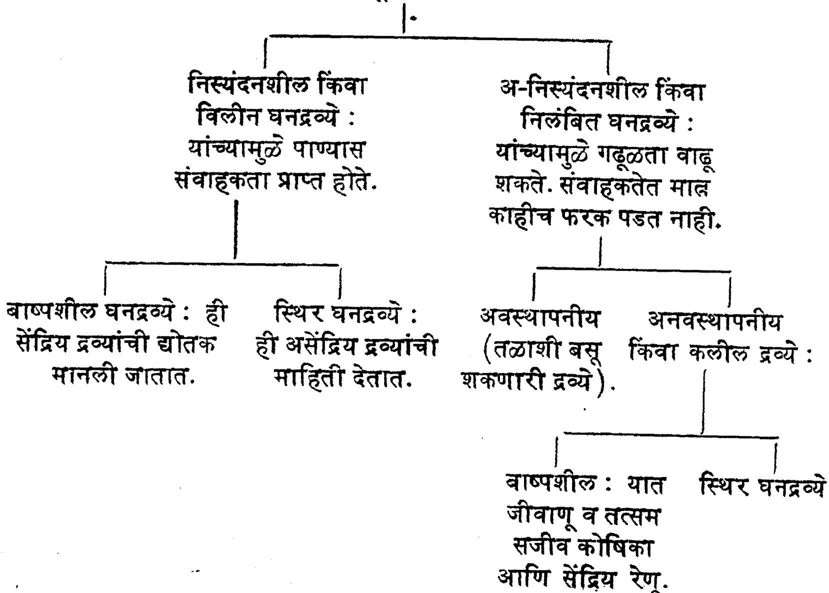
निसर्गात सापडणाऱ्या पाण्यात अल्काची अथवा अम्लाची थोडीशी मात्रा पडल्याने त्याचे pH मूल्य बदलत नाही त्याचे श्रेय या दुतोंड्या बायकार्बोनेटच आहे, कारण ती pH मूल्यांच्या संबंधात सम-अवस्थापकाचे किंवा प्रतिरोधकांचे काम करतात.* कार्बनडाय-ऑक्साईड आणि तीन प्रकारच्या अल्कता यातील निरनिराळ्या pH मूल्यांशी असणारे संबंध आकृती ७.१ मध्ये दाखविले आहेत.

एकूण घनद्रव्यें :

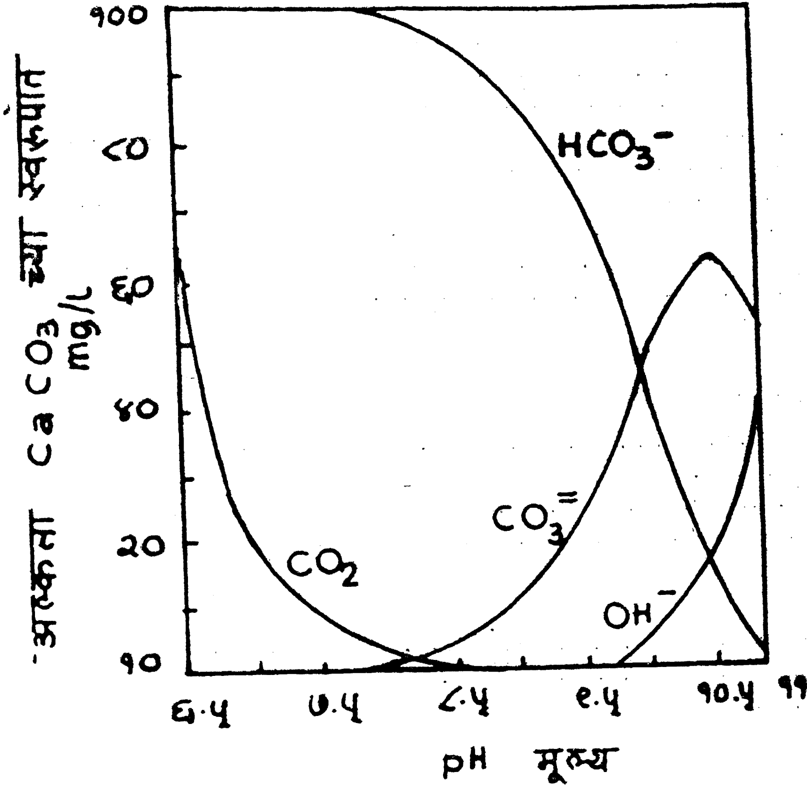
१७९° ते १८१° सें. तपमानास पाण्याचे बाष्पीभवन झाल्यानंतर जो अवशेष मागे उरतो तो एकूण घनद्रव्यांचा द्योतक असतो. या तपमानास जवळजवळ सर्व अधिधारित जलाचे बाष्पीभवन होते. यात स्फटिकीकरण जलाचाही अंतर्भाव असतो. पाण्यामध्ये असलेली एकूण घन-द्रव्ये जितक्या प्रमाणात अधिक तितक्या प्रमाणात पाण्याची पेयता कमी. कधी-कधी तर या घनद्रव्यांमुळे पाण्याच्या चवीत फरक पडतो व त्यामुळे पाणी खारट बनते. एकूण घनद्रव्यांचे परिमाण प्रतिलिटर २० ते १,००० मि. ग्रॅम इतके असले तरी पेयता निकृष्ट दर्जाची बनत नाही. मात्र त्यापेक्षा परिमाण वाढले तर मात्र पेयता निकृष्ट बनत जाते. अमरावती जवळील काही भाग अशा खाऱ्या पाण्याच्या समस्येने त्रस्त झालेला आहे.

या एकूण घनद्रव्यांचा सखोल अभ्यास करावयाचा असल्यास व त्यांत अंतर्भूत असलेल्या निरनिराळ्या प्रकारांची माहिती मिळवून पाण्याविषयी शास्त्रीय दृष्टिकोनातून मतप्रदर्शन करावयाचे असल्यास त्यांचे वर्गीकरण करणे भाग पडते. हे वर्गीकरण खाली दिले आहे :—

एकूण घनद्रव्ये



*$HCO_3 \rightarrow H^+ + CO_3^{=}$ अम्ली क्रिया कारण H^+ चे प्रदान.
$HCO_3 + H^+ \rightarrow H_2CO_3$ अल्की क्रिया कारण H^+ चा स्वीकार.



आकृती ७.१ : बायकार्बोनेट, कार्बोनेट व हायड्रॉक्साईड अल्कता आणि कार्बनडायऑक्साईड यांचे निरनिराळ्या pH मूल्यांना सापडणारे परस्पर संबंध.
(सॉयर व मॅकार्टी यांच्या Chemistry for Sanitary Engineers या पुस्तकातून.)

निस्यंदनशील किंवा विलीन घनद्रव्ये :

गुचच्या मुशीतून किंवा निस्यंदक कागदामधून किंवा काचेच्या तंतूंपासून केलेल्या वॉटमन्-काचतंतु-निस्यंदक कागदामधून गाळून घेतलेल्या पाण्याचे बाष्पीभवन केल्यास जो अवशेष मागे राहतो त्यास निस्यंदनशील घनद्रव्ये असे म्हणतात. ही घनद्रव्ये विलीन घनद्रव्यांची द्योतक असतात व यांच्यामुळेच पाण्याला संवाहकता प्राप्त होते. बाजारात सहज हाताळण्या-योग्य संवाहकता-मापी उपलब्ध असल्याने ती वापरून पाण्याची 'मायक्रो म्हो' मध्ये संवाहकता पाहावयाची व त्यास ०.५ ते ०.७ या गुणकाने गुणून विलीन घनद्रव्ये परिकलित करण्याची पद्धती रूढ आहे. गुणक हा विशिष्ट पाण्याच्या बाबतीत काय आहे हे एकदा बघितले तर दर वेळा हा सर्व खटाटोप वाचविता येतो. या घनद्रव्यांच्या निर्धारणामुळे आयनिक क्षारांचे परिमाण समजू शकते. विलीन घनद्रव्यांपैकी अनेक द्रव्यांचा विचार याच प्रकरणात पुढे साकल्याने केला आहे.

अ-निस्यंदनशील किंवा निलंबित घनद्रव्यें :

वर वर्णन केल्याप्रमाणे पाण्याचे निस्यंदन केल्यावर काचतंतू-निस्यंदक-कागदावर अथवा गुचच्या मुशीत राहिलेला भाग १७९° ते १८१° सें. ला तापविल्यास जो अवशेष उरतो त्यास अ-निस्यंदनशील घनद्रव्य किंवा निलंबित घनद्रव्य म्हणतात. साधा निस्यंदक-कागद वापरला तर हे निर्धारण अप्रत्यक्षरीत्या केले जाते. सूत्ररूपाने ही पद्धती खाली दिली आहे :—

निलंबित घनद्रव्ये = एकूण घनद्रव्ये — विलीन घनद्रव्ये

निलंबित घनद्रव्ये पाण्याच्या सौंदर्यगुणात कमीपणा आणून त्यास कमी प्रतीचे बनवितात. या निलंबित घनद्रव्यात सजीव सृष्टी (प्रकरण ६ पहा) व मातीमुळे येणारी गढूळता यांचा अंतर्भाव होतो.

बाष्पशील व स्थिर घनद्रव्यें :

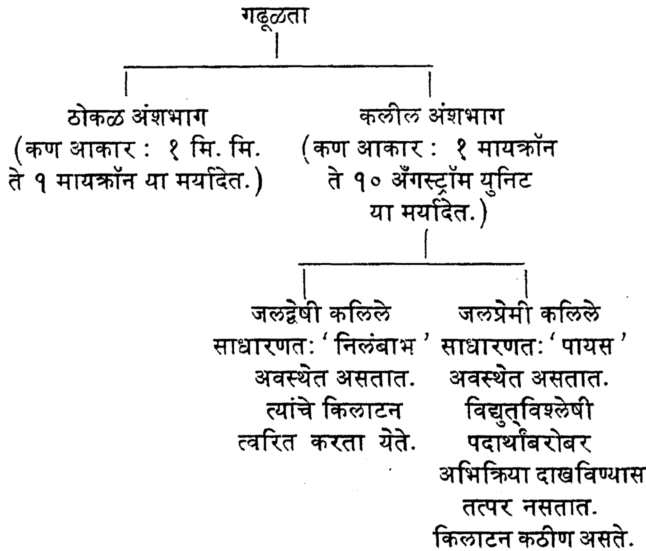
१७९° ते १८१° सें. ला मागे राहिलेली अवशिष्ट घनद्रव्ये ६००° सें. ला अपवारित भट्टीत २ तासपर्यंत ठेवल्यास सेंद्रिय पदार्थांचा अंशभाग बाष्पशील असल्यामुळे गॅसच्या स्वरूपात उडून जातो व बाकीचा असेंद्रिय अंशभाग शिल्लक राहतो. या अवशिष्ट भागास स्थिर द्रव्य म्हणतात व उडून गेलेल्या भागास बाष्पशील द्रव्य म्हणतात. असे असले तरीही पाण्याच्या बाबतीत सेंद्रिय पदार्थांचे निर्धारण करावयाचे असेल तर ही पद्धत न वापरता जीवरासायनिक-ऑक्सिजन-मागणीवरून (जीऑमा वा BOD) निर्धारित करतात.

गढूळता :

सर्वसाधारणपणे गढूळता निर्माण होते ती क्रिया खाली दिलेल्या सूत्रावरून स्पष्ट होण्यास मदत होईल :—

गढूळता = मृत्तिका कण + रेव + सूक्ष्मविभाजित सेंद्रिय पदार्थ + अविलेय पदार्थ + परिप्लावी जीव + इतर सूक्ष्मदर्शी पदार्थ.

गढूळता निर्माण करणारे हे पदार्थ अतिसूक्ष्म आकारापासून कलील अवस्थापनीय ठोकळ आकारापर्यंत मोठे असू शकतात. गढूळता ही जरी निलंबित घनद्रव्यांच्यामुळे निर्माण होत असली तरी ती कोणत्याही परिस्थितीत निलंबित घनद्रव्यांच्या वजनाचे प्रतिनिधित्व करू शकत नाही. निलंबित घनपदार्थांच्या कणांच्या आकाराशी गढूळता अधिक संबद्ध असते. कणाचा आकार जितका सूक्ष्म तितके एकूण अधिपृष्ठाचे आकारमान अधिक राहते. अर्थातच त्यामुळे गढूळताही त्याच प्रमाणात अधिक राहते. गढूळतेची शास्त्रीय दृष्टचा व्याख्या करावयाची झाल्यास "पाण्यातील प्रकाशमार्गात अडथळा आणणारे निलंबित घनपदार्थ" किंवा "एखाद्या द्रवपदार्थाचा प्रकाशसंबंधित अवशोषण गुणांक" अशी करता येईल. नेहमीच्या प्रचारात निलंबित पदार्थांच्या आकारमानाकडे लक्ष न देता सर्व निलंबित पदार्थ गढूळतेत अंतर्भूत करतात. पण ती चूक आहे. आकारमानाप्रमाणे गढूळतेचे वर्गीकरण पुढीलप्रमाणे करतात :—



जेव्हा ठोकळ अंशभागामुळे गढूळपणा येतो तेव्हा तो अनुपचारित पाण्यातून तुरटी या रूढ किलाटकाचा उपयोग करून अथवा नुसता अवस्थापनकाल वाढवूनही सहजगत्या दूर करता येतो. मात्र हीच गढूळता कलील अंशभागामुळे निर्माण झालेली असेल तर तिचे निष्कासन करणे इतके सोपे नसते. ठोकळ अंशभागातील कण 'स्टोक' च्या नियमाप्रमाणे अवस्थापित होतात. अवस्थापनाचा वेग, कणांचा आकार, कणांची सांद्रता व ज्या माध्यमात ते कण निलंबित अवस्थेत फिरतात त्या माध्यमाची श्यानता यांवर अवलंबून असतो. कलील अंशभागातील कण ऋणभारित असल्यामुळे अशा दोन कणांना एकमेकांपासून दूर ठेवणारे त्रयस्थ विद्युत्‌भार (झीटा पोटेन्शियल) त्यांच्यामध्ये असणारे उपजत आकर्षण बल (व्हॅन-डर-व्हॉल बल) क्षीण करतात व परिणामत: त्या कणांचे अवस्थापन अशक्य करतात.

गढूळता निर्माण करणारे पदार्थ अनेक असल्यामुळे गढूळतेचे निर्धारण करण्यासाठी व निर्धारित गढूळता अभिव्यक्त करण्यासाठी कोणतेतरी मानक ठरविणे आवश्यक आहे. मानक म्हणून सिलिकॉन डायऑक्साईडचा उपयोग केला जातो. एक मि. ग्रॅम प्रती लिटर सिलिकॉन डायऑक्साईड एक युनिट गढूळता निर्माण करतो.

आरोग्याच्या दृष्टिकोनातून गढूळतेला विशेष महत्त्व नाही. गढूळतेमुळे सौंदर्यहानी होते हा पहिला तोटा व त्या पाण्यात मातीबरोबर वाहून आलेल्या जीवाणू वा तत्सम जीव-कोषिकांना सहारा मिळू शकतो हा दुसरा तोटा. याच कारणासाठी केवळ गढूळतेचे निराकरण करणे आवश्यक ठरते. मानकांप्रमाणे २५ युनिटपेक्षा गढूळता अधिक असू नये असा दण्डक आहे. मात्र बहुतेक ठिकाणी ती याच्यापेक्षा बरीच अधिक आढळते. पावसाळ्यात ८०–८५ युनिटस्पर्यंत तर पुराच्या वेळी पृष्ठीय जलात ७००–८०० युनिटस्-पर्यंत वाढलेली बघायला मिळते.

रंग :

रंग हा विलीन अथवा कलील अवस्थेतील घनद्रव्यांमुळे पाण्यास येतो. गढूळतेमुळेही पाण्यास एकप्रकारची रंगछटा येते, पण ती गढूळतेबरोबरच निष्कासितही होते. म्हणूनच रंगाचा विचार करताना तात्पुरता किंवा फसवा आणि खरा असा त्यात फरक केला जातो. खऱ्या रंगाची काळजी घेतली जाते तर फसवा रंग किलाटन उपचारण पद्धतीत जात असल्याने त्याविषयी वेगळी काळजी घेण्यात येत नाही. विचाराधीन असलेला रंग विघटन होत असलेल्या वनस्पतिजन्य रंजकांमुळेही येतो. पाण्यातील नैसर्गिक रंग हा टॅनिन, ह्यूमिक अम्ल व लिग्निनचे विघटित उपज-पदार्थ, यांच्यामुळे येतो. रंगाचे निष्कासन नेहमीपेक्षा वेगळ्या व विशिष्ट रंजकद्रव्यांच्या प्रमाणे योग्य अशी किलाटके वापरून करता येते.

रंगाचे मापन पोटॅशियम क्लोरोप्लॅटिनेट व कोबाल्ट क्लोराइड यांच्या निरनिराळ्या सांद्रतेतील विलयनांवरून बनविलेल्या काल्पनिक माप-पट्टीवरून केले जाते. हा तांबुस छटा असलेला पिवळा रंग असतो. पाण्यास याव्यतिरिक्त इतर रंग असेल तर ही पद्धत कुचकामाची ठरते. अशा वेळी योग्य तो फिल्टर वापरून रंगमापकाच्या सहाय्याने मोजण्यात येतो. क्लोरोप्लॅटिनेट रंगाचा एक एकक खालीलप्रमाणे असतो :—

रंगाचा एक एकक = १ मि. ग्रॅम प्रती लिटर कोबाल्ट-क्लोराइड-विलयनाचा रंग

मानकाप्रमाणे रंग ५ एककापेक्षा जास्त असू नये असा दण्डक आहे.

पाण्यातील रासायनिक घटक-द्रव्ये आणि त्यांचे संभाव्य परिणाम :

नैसर्गिक पाणी हे केवळ हैड्रोजन अन् ऑक्सिजन यांच्यापासून बनलेले संयुग नसून त्यात आवश्यक व अनावश्यक अशी अनेक द्रव्ये असतात, हे आपण बघितले. सर्वसाधारणपणे सापडणाऱ्या (प्रदूषित न झालेल्या) पाण्यात कोणकोणती रासायनिक घटक-द्रव्ये सापडतात ते सारणी ७.२ मध्ये दाखविले आहे. सारणीत दिलेल्या घटक द्रव्यांचा वनस्पती व प्राणि-जीवनावर काय परिणाम होऊ शकेल याचा विचार येथे प्रामुख्याने केला आहे.

सारणी ७.३ मध्ये नैसर्गिक पाण्यात (अप्रदूषित) सापडणाऱ्या विरल-घटक-द्रव्यांची विपुलता दाखविली आहे. या सारणीत दाखविलेली घटक-द्रव्ये प्रदूषणामुळे (विशेषत: औद्योगिक अपशिष्टांमुळे होणारे प्रदूषण) नेहमीच्या सांद्रतेपेक्षा जोवर अधिक नसतात तोपर्यंत त्यांच्याविषयी विशेष जागरुक राहण्याची गरज पडत नाही. त्यापैकी काही घटक-द्रव्यांचा उल्लेख प्रकरण ८ मध्ये केला आहे.

सारणी ७.२ : नैसर्गिक पाण्यातील खनिज घटक-द्रव्ये*

प्रधान घटक-द्रव्ये			गौण घटक-द्रव्ये		
कॅलशियम	..	Ca^{++}	लोह	..	Fe^{++}
मॅग्नेशियम	..	Mg^{++}	मंगल	..	Mn^{++}
सोडियम	..	Na^{+}	ॲल्युमिनियम	..	Al^{+++}
पोटॅशियम	..	K^{+}	सिलिका	..	$SiO_2^{=}$
कार्बोनेट	..	$CO_3^{=}$	फॉस्फेट	..	$PO_4^{\equiv}$
बायकार्बोनेट	..	HCO_3^{-}	फ्लोराइड	..	F^{-}
सल्फेट	..	$SO_4^{=}$	नायट्रेट	..	NO_3^{-}
क्लोराइड	..	Cl^{-}			

सारणी ७.३ : नैसर्गिक पाण्यातील विरल-घटक-द्रव्यांची विपुलता *

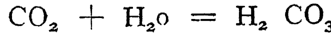
सर्वसाधारणत: पाण्यात सापडणारी		पाण्यात असली तरी सहज उपलब्ध न होणारी		क्वचितच पाण्यात सापडणारी (विरळ)	
ॲल्युमिनियम	Al	आर्सेनिक	As	अँटीमनी	Sb
बोरॉन	B	कॅडमियम	Cd	बेरिलियम	Be
तांबे	Cu	क्रोमियम	Cr	बिसमथ	Bi
लोह	Fe	शिसे	Pb	कोबाल्ट	Co
मंगल	Mn	लिथियम	Li	मर्क्युरी	Hg
स्ट्रॉन्शियम	Sr	मॉलिब्डेनम	Mo	सिलिनियम	Sc
जस्त	Zn	निकेल	Ni	व्हॅनेडियम	Va
		टीन	Sn		
		ब्रोमिन	Br		
		आयोडिन	I		

* लॉरेल बर्क्ले लॅबोरेटरीज् व्हॉल्यूम ऑन वॉटर पोल्युशन मधून.

अल्कता :

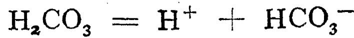
अम्लाचे उदासिनीकरण करण्याची क्षमता असलेला गुणधर्म म्हणजेच अल्कता. ही अल्कता सर्वसामान्येकरून कार्बनडायऑक्साइड आणि पाणी यांच्यात होणाऱ्या रासायनिक अभिक्रियेमधून उत्पन्न होते. सूत्ररूपाने या अभिक्रिया पुढे दाखविल्याप्रमाणे लिहिता येतील.

वातावरणातील कार्बनडायऑक्साइड, आंशिक दाब व तपमान यांना अनुसरून, पाण्यात काही प्रमाणात विलीन होतो, व परिणामतः कार्बोनिक अम्ल या क्षीण अम्लाची निर्मिती करतो. ही अभिक्रिया व्युत्क्रमी असते.



$$CO_2 + H_2o = H_2CO_3$$

कार्बोनिक अम्ल पाण्यात अत्यंत थोडया प्रमाणात आयनीकृत होते व त्याचा बराचसा भाग मातीवाटे पाण्यात आलेल्या कॅलशियम, मॅग्नेशियम, सोडियम, पोटॅशियम, इत्यादी धात्विक संयुगांबरोबर अभिक्रमित होतो. या रासायनिक अभिक्रियेचा परिणाम होऊन बायकार्बोनेटांची उपज पदार्थ म्हणून निर्मिती होते.



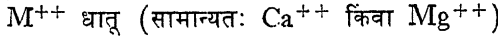
$$H_2CO_3 = H^+ + HCO_3^-$$

किंवा



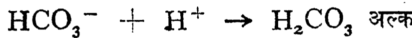
$$MCO_3 + H_2CO_3 = M(HCO_3)_2 = M^{++} + 2HCO_3^-$$

जेथे

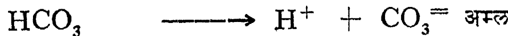


M^{++} धातू (सामान्यतः Ca^{++} किंवा Mg^{++})

बायकार्बोनेट आयनचे वैशिष्टच असे की, ते पुनरपि आयनीकृत होऊन H^+ व $CO_3^=$ अशी दोन आयने देऊ शकते, म्हणजेच आपला अम्ली गुणधर्म दाखवू शकते किंवा H^+ या आयनाबरोबर अभिक्रिया घडवून आणून H_2CO_3 या अम्लाची निर्मिती करून आपला अल्की गुणधर्म दाखवू शकते *. या त्याच्या दुहेरी गुणधर्मामुळे त्यास 'संयुग्मी अल्क' असे म्हणतात. बायकार्बोनेटच्या या विशिष्ट गुधणर्मामुळे, जीवरासायनिक क्रियांच्या संदर्भात, ते एक वरदानच ठरते, कारण ही बायकार्बोनेटे काही मर्यादेपर्यंत अम्लीय व अल्कीय क्रिया थोपवू शकतात. थोडयाशा मात्रेत अम्ले व अल्के नैसर्गिक पाण्याचे pH मूल्य बदलू शकत नाहीत याचे कारण ही बायकार्बोनेटे. म्हणूनच यांना 'समावस्थापक' असे म्हणतात. माणसाच्या शरीरातही ही बायकार्बोनेटे हेच काम अत्यंत चोखपणे करतात.

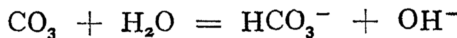


$$HCO_3^- + H^+ \rightarrow H_2CO_3 \text{ अल्क}$$



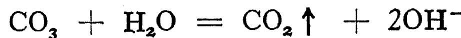
$$HCO_3 \longrightarrow H^+ + CO_3^= \text{ अम्ल}$$

कार्बोनेटेच केवळ पाण्यात असली व ते पाणी तीव्र दाबाखाली उकळले गेले किंवा शेवाळांनी त्या पाण्यातून कार्बोनेटांचे विघटन करून कार्बनडायऑक्साइड दूर केला तर हायड्रॉक्साइड व बायकार्बोनेट आयनांची निर्मिती होते. या अभिक्रिया दोन प्रकारच्या असू शकतात.



$$CO_3 + H_2O = HCO_3^- + OH^-$$

किंवा



$$CO_3 + H_2O = CO_2\uparrow + 2OH^-$$

---

* **अम्ल** = आयनीकरणाच्या वेळी धनभारित **हैड्रोजन आयन** $[H^+]$ **किंवा प्रोटॉन देणारे** रसायन व **अल्क** = धनभारित **हैड्रोजनचा** $[H^+]$ **स्वीकार करणारे** रसायन.

वर दाखविलेल्या रासायनिक अभिक्रिया एकामागून एक अशा न होता एकसमयावच्छेदेकरून होत असतात व त्याचमुळे CO_3, HCO_3, OH, H_2CO_3 ही सर्व रसायने एकाचवेळी पण संतुलित अवस्थेत सापडतात. वर उल्लेखिलेल्यांपैकी HCO_3^- बायकार्बोनेटे, $CO_3^{=}$ कार्बोनेटे, OH^- हायड्रॉक्साइडे, ही आयने अल्कता निर्माण करतात. यापैकी प्रत्येक अल्कता एका विवक्षित pH मूल्याच्या मर्यादेत सापडते (आकृती ७·१).

या अल्कतेमुळे पुढील गोष्टी साध्य होतात. पाण्यातील अल्कतेची काटेकोरपणे निर्धारणा करावी लागते ती याचसाठी :—

(१) किलाटन क्रियेस बायकार्बोनेट अल्कतेची आत्यंतिक गरज असते (प्रकरण ९ पहा).

(२) पाण्याचे सुकेनीकरण करताना याची माहिती असणे आवश्यक असते (प्रकरण ९ पहा). अस्थायी दुष्फेनता ही अल्कतेमुळेच घडून येते.

(३) संक्षारणापासून नियंत्रण करण्यास अल्कतेचीच गरज असते. अल्कता जास्त असल्यास, उच्च तपमानात अल्कतेचे रूपांतर कार्बोनेटात होते व कार्बोनेटांची पाण्यातील विलेयता अत्यंत कमी असल्यामुळे ते अवपेक्षित होऊन धात्विक पृष्ठभागावर त्यांचे संरक्षक कवच तयार होते व संक्षारणापासून धातूचा बचाव होतो.

(४) मलोपचारणाच्या वेळी जीवरासायनिक क्रिया घडवून आणत असताना अल्कतेचा समावस्थापक म्हणून फार उपयोग होतो. पाण्यातही या अल्कतेमुळेच थोडया प्रमाणात अल्के व अम्ले सामावू शकतात.

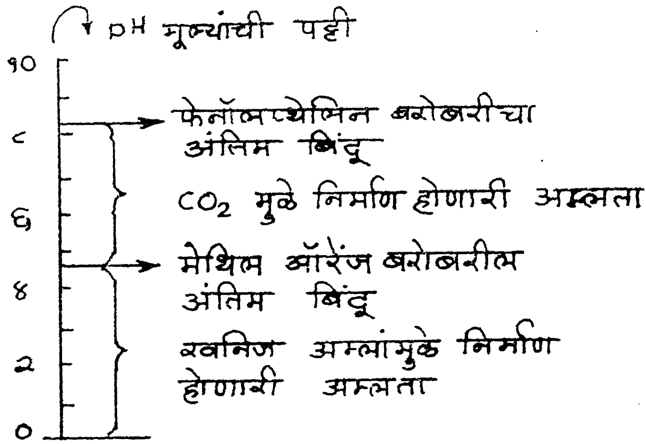
अम्लता :

अल्काचे उदासिनीकरण करण्याची क्षमता असलेल्या गुणधर्माला अम्लता असे म्हणतात. निसर्गात सापडणाऱ्या बहुसंख्य पाण्यांचे समावस्थापन कार्बनडायऑक्साइड-बायकार्बोनेट प्रणालीमुळेच होते. क्षीण अम्लांच्या बाबतीतील तत्वयोगमितीय-अंतिम-बिंदू ८·३ pH या मूल्याजवळ असतो. अर्थातच त्यामुळे ८·३ पेक्षा अधिक pH मूल्य असलेल्या कोणत्याही पाण्यात अम्लता नसते. ४·५ ते ८·३ या pH मूल्यांच्या दरम्यान असलेली अम्लता ही CO_2 मुळे निर्माण झालेली असते तर ४·५ pH मूल्यापेक्षा कमी असलेली अम्लता ही खनिज अम्लता म्हणून समजली जाते व ती बहुतकरून उद्योगांमधून बाहेर पडणाऱ्या सल्फ्युरिक, हैड्रोक्लोरिक, नायट्रिक, फॉस्फारिक इत्यादी अम्ली उच्छिष्टांमुळे निर्माण झालेली असते. आकृती ७·२ मध्ये हे स्पष्ट केले आहे.

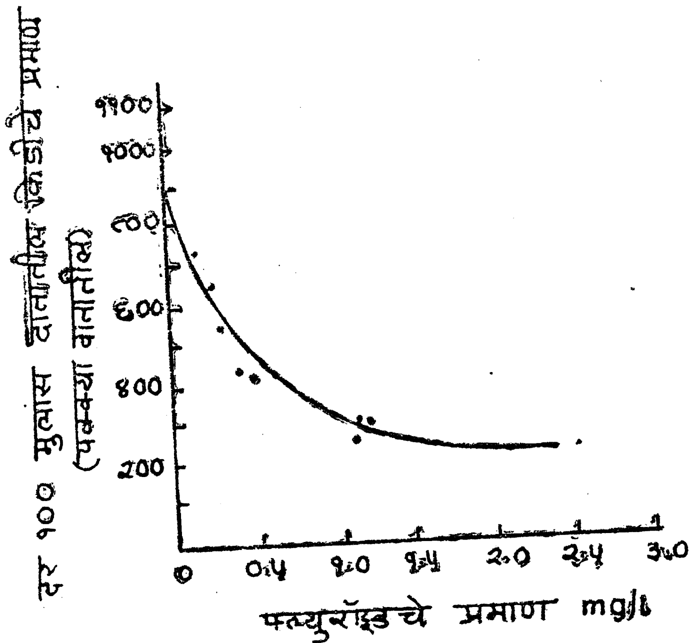
अम्लता असलेल्या पाण्याची संस्कारणक्षमता जास्त असते. यासाठीच अम्लतेकडे व तिच्या निस्तारणाकडे अधिक लक्ष द्यावे लागते.

pH मूल्य :

आरोग्याच्या दृष्टीकोनातून विचार करत असताना पिण्याच्या पाण्याबाबत जी निर्धारित मानके तयार केली आहेत त्यात pH मूल्याचाही निर्देश केला असून ते ७·० ते ८·५ या मर्यादेतच असण्याबद्दल कटाक्ष ठेवला आहे. (पान ४८). कोणत्याही जीवरासायनिक क्रिया प्रभावी रीतीने घडून येण्यासाठी प्रक्रीण्वांची गरज असते. ही प्रकीण्वे सेंद्रीय असल्यामुळे



आकृती ७·२ : महत्त्वपूर्ण अम्लतांचे विविध प्रकार व त्यांचे pH मूल्यांशी असलेले संबंध

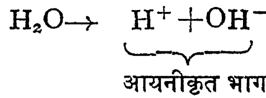


आ. ७·३: फ्ल्युराइडच्या परिमाणामुळे दातातील कीड पडण्याच्या प्रतिशततेत पडणारा फरक (सॉयर व मॅकार्टी यांच्या Chemistry for Sanitary Engineers या पुस्तकातून)

विशिष्ट pH मूल्यांच्या मर्यादेतच काम करू शकतात. बहुसंख्य प्रकीण्वे ६ ते ८.५ या pH मूल्यांच्या मर्यादेत कार्यशील असल्याने पिण्याच्या पाण्याच्या बाबतीत हे मानक ७ ते ८.५ असे निर्धारित केले आहे.

शुद्ध पाण्याच्या विद्युत विश्लेषणाच्या विशेष अभ्यासातून pH मूल्याची संकल्पना स्पष्ट झाली आहे. pH मूल्यामुळे पाण्यातील (वा कोणत्याही पदार्थातील) हायड्रोजन आयन संकेंद्रणाचा म्हणजेच यथार्थने अम्लाच्या सामर्थ्याची कल्पना येते. (पान ७८ वर केलेली अम्लाची व्याख्या पहा). विशिष्ट पदार्थ हा अम्ली (Acidic) अल्की (Alkaline) अथवा उदासीन (Neutral) आहे हे त्या पदार्थाच्या pH मूल्यावरून ठरविता येते. pH मूल्याविषयी यथार्थ कल्पना येण्यासाठी पाण्याचे विद्युत विश्लेषण कसे होते हे बघणे अवास्तव ठरणार नाही.

शुद्ध पाणी हे रासायनिकदृष्टया सौम्य अम्ल (Weak Acid) असल्याने त्याचे आयनीकरण अगदी नगण्य असते. पाण्याचा आयनीकृत भाग हा अतिशयच थोडा असतो.



$$H_2O \rightarrow \underbrace{H^+ + OH^-}_{\text{आयनीकृत भाग}}$$

हे आयनीकरण रासायनिक संतुलनाचे नियमानुसार होत असल्याने खाली दिलेल्या सूत्रा-प्रमाणे लिहिता येते. प्रत्यक्ष प्रयोगांती पाण्याच्या बाबतीतील संतुलन स्थिरांक २५° सेंटीग्रेड तपमानास $१.८ \times १० ^{-१६}$ असा आढळून आला आहे.

$$Keq. = \frac{[H^+]\ [OH^-]}{[HOH]}$$

$$= १.८ \times १०^{-१६} \qquad (१)$$

एक लिटर शुद्ध पाण्याचे वजन १००० ग्रॅम इतके भरते हे सर्वश्रुत आहे. 'प्रती लिटर रेणू' (Moles/l) या भाषेत हेच सांगावयाचे झाल्यास $\frac{१०००}{१८} = ५५.५$ रेणू प्रती लिटर असे सांगता येईल. ही संख्या वर दिलेल्या सूत्र क्र. (१) मध्ये वापरल्यास.

$$Keq. \times [HOH] = [H^+]\ [OH^-]$$

$$१.८ \times १०^{-१६} \times ५५.५ = [H^+]\ [OH^-]$$

$$१.०१ \times १०^{-१४} = [H^+]\ [OH^-]$$

हायड्रोजन आयन संकेद्रण व हायड्राक्सिल आयन संकेंद्रण यांचा गुणाकार १.०१×१०^{-१४} इतका मिळतो. यालाच 'पाण्याचे आयन गुणोत्तर' (Ion product of water) असे म्हणतात. पाण्याचे आयनीकरण होत असताना एका पाण्याच्या रेणूपासून एक हायड्रोजन

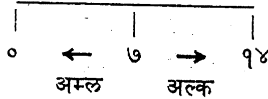
व एकच हायड्रोक्सिल आयन मिळत असल्याने कोणतेही एक आयन या गुणोत्तराच्या वर्गमुळाइतकेच असू शकेल, व दोन्हीही आयने संकेंद्रणाच्या दृष्टीने समतोलच असतील.

$$[H^+] = \sqrt{[H^+]\ [OH^-]}$$
$$= \sqrt{१.०१ \times १०^{-१४}}$$
$$= १.०१ \times १०^{-७}$$
$$\text{तसेच}\quad [OH^-] = १.०१ \times १०^{-७}$$

ज्यावेळी हायड्रोजन आयनांचे संकेंद्रण हायड्राक्सिल आयनांच्या संकेंद्रणाइतकेच असते तेव्हा पाणी उदासीन (Neutral) असते. जेव्हा हायड्रोजन आयनांचे संकेंद्रण हायड्राक्सिल आयनांच्या संकेंद्रणापेक्षा जास्त असते तेव्हा पाणी अम्ली (Acidic) असते तर या विरुद्ध परिस्थितीत अल्की असते. आयन संकेंद्रणाच्या अभिव्यक्तिची ही पद्धत क्लिष्ट असल्याने सोरेन्सन या शास्त्रज्ञाने एक अभिनव तोडगा शोधून काढला व 'हायड्रोजन आयन संकेंद्रण' या जागी pH या सुटसुटीत नावाची योजना केली. मात्र pH ची व्याख्या करताना "pH म्हणजे हायड्रोजन आयन संकेंद्रणाच्या व्युत्क्रमाचा (Reciprocal) लघुगुणक (Logarithm)" अशी केली.

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]}$$

यामुळे $[H^+] = १०^{-७}$ हे pH=७ असे सुटसुटीत रीतीने अभिव्यक्त करता येते. या कल्पनेचा विस्तार करून pH मूल्यांसाठी ०–१४ अशी मूल्ये दाखविणारी एक मापनी (Scale) तयार करण्यात आली. या मापनीप्रमाणे ०–७ ही pH मूल्ये अम्लाचे तुलनात्मक सामर्थ्य दाखवितात तर ७–१४ ही मूल्ये अल्काचे तुलनात्मक सामर्थ्य दाखवितात. ७ या pH मूल्यापाशी हायड्रोजन व हायड्रोक्सिल या दोन्हीही आयनांचे सामर्थ्य समतोल असल्याने त्यास उदासीन समजतात.



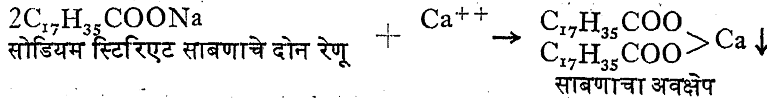
अम्लाचे सामर्थ्य व अल्काचे सामर्थ्य बाणांनी दाखविलेल्या दिशांकडे वाढत जाते. ६ pH असलेले अम्ल ७ pH असलेल्या अम्लापेक्षा दसपट सामर्थ्यवान असते, तर ९ pH असलेले अल्क ८ pH असलेल्या अल्कापेक्षा दसपट सामर्थ्यवान असते. या सामर्थ्यामुळेच जीव-रासायनिक क्रियांमध्ये pH चे महत्त्व अनन्यसाधारण ठरते, मात्र कोणत्याही परिस्थितीत pH व अल्कता किंवा अम्लता यांची गफलत होऊ नये. pH मध्ये हायड्रोजन आयनांच्या संकेंद्रणाची माहिती अचूकतेने मिळते तर अल्कतेत वा अम्लतेत कोणत्याही पदार्थाच्या समावस्थापक सामर्थ्याचीच फक्त कल्पना येऊ शकते. (अल्कता व अम्लता यांच्या पान ७८ व ७९ वर दिलेल्या व्याख्या पहा). म्हणूनच पाण्याच्या निर्धारित मानकांमध्ये pH व अल्कता, अम्लता किंवा कधी कधी नुसतेच pH मूल्य किंवा नुसतीच अल्कता वा अम्ल निर्धारित केलेली दिसते. उदाहरण देऊन सांगावयाचे म्हटले तर pH मूल्य

८.७ चे घेऊ. ८.७ pH याचा अर्थ हायड्रोजन आयनांचे संकेंद्रण $[H^+]$ हे $१०^{-८.७}$ इतके आहे. आता असे pH मूल्य असलेल्या पाण्यात केवळ $CO_3^{=}$ कार्बोनेटे असू शकतील वा $CO_3^{=}$ व HCO_3^{-} कार्बोनेटे व बायकार्बोनेटे यांचे मिश्रणही असू शकेल. मिश्रणाची समावस्थापक शक्ती केवळ कार्बोनेटे असलेल्या पाण्याच्या समावस्थापक शक्तीपेक्षा जास्त म्हणजेच मिश्रणाची अल्कता जास्त. समावस्थापक शक्तीची माहिती केवळ pH मूल्य देऊ शकत नाही म्हणूनच त्याचे परिकलन स्वतंत्र रीतीने करावे लागते. केवळ 'किलाटन' प्रक्रियेचे उदाहरण हे आणखी सुस्पष्ट करू शकेल. तुरटीचा किलाटनावरील प्रभाव ७ pH मूल्यावर अधिक पडतो हे खरे पण त्याचबरोबर त्यावेळी अनुषंगिकरीत्या निर्माण झालेल्या अम्लतेशी मुकाबला करण्यासाठी १ मि. ग्रॅ. प्रती लिटर तुरटीला ०.५ मि. ग्रॅ. प्रती लिटर बायकार्बोनेट अल्कतेचीही गरज भासते (प्रकरण ९, पान ११३ पहा).

दुष्फेनता :

ज्या पाण्यात साबणाचा फेस (फेन) होण्यास त्रास होतो त्या पाण्याला दुष्फेन जल व त्या गुणधर्माला दुष्फेनता असे म्हणतात. दुष्फेनतेमुळे ओढवणारे संकट म्हणजे बाष्पित्रांमध्ये होणारी कीटण-निर्मिती. या कीटणामुळे जास्त उष्णता पुरवूनही पाण्याचे तपमान जलद गतीने वाढत नाही. या दोन्हीही गोष्टी आर्थिक दृष्टिकोनातून विचार केल्यास फायदेशीर होत नाहीत. याच कारणामुळे दुष्फेन पाण्याचे सुफेनीकरण करणे जरूरीचे असते.

दुष्फेनता साधारणपणे द्विसंयुजी धात्विक धनायनामुळे निर्माण होते. ही आयने साबणाबरोबर रासायनिक अभिक्रिया घडवून आणतात व साबणाच्या बनावटीत असलेल्या सोडियमच्या जागी स्वतःच येऊन बसतात. ही आयने रासायनिकदृष्ट्या पाण्यात अत्यन्त माफक प्रमाणात विलेय असल्यामुळे अवक्षेपित होतात व अपेक्षित फेस (फेन) निर्माण होत नाही. सूत्ररुपाने ही अभिक्रिया खाली दिल्याप्रमाणे अभिव्यक्त करता येईल :—



पाण्याची दुष्फेनता स्थलपरत्वे बदलत असते. साधारणपणे दुष्फेन-जल असते ते भूजल कोणत्याही पाण्याची दुष्फेनता ज्या जमिनीत ते पाणी उपलब्ध झाले त्या जमिनीच्या भूगर्भशास्त्रीय संरचनेवर अवलंबून असते. दुष्फेनता ही नेहमीच सापेक्ष असल्याने ज्यावरून पाण्याची स्वीकार्यता ठरविता येईल अशी निश्चित निर्धारित मूल्ये ठरविता येत नाहीत. ढोबळमानाने खाली दिल्याप्रमाणे पाण्याचे वर्गीकरण करण्यात येते. दुष्फेनता ही नेहमी $CaCO_3$ कॅलशीयम कार्बोनेटच्या स्वरूपात अभिव्यक्त करण्यात येत असल्याने खाली दिलेली मूल्येही त्याच स्वरूपात दिली आहेत :—

सुफेन जल : ०–७५ मि. ग्रॅ. प्रती लि. $CaCO_3$

साधारण सुफेन जल : ७५–१०० मि. ग्रॅ. प्रती लि. $CaCO_3$

दुष्फेन जल : १५० ते ३०० मि. ग्रॅ. प्रती लि. $CaCO_3$

अति दुष्फेन जल : ३०० मि. ग्रॅ. प्रती लि. पेक्षा जास्त $CaCO_3$

दुष्फेनतेशी संबंधित असलेली धनायने आणि ऋणायने पुढीलप्रमाणे :—

धनायने		ऋणायने	
कॅलशियम	Ca^{++}	बायकार्बोनेटे	HCO_3^-
मॅग्नेशियम	Mg^{++}	सल्फेटे	$SO_4^{=}$
स्ट्रॉन्शियम	Sr^{++}	क्लोराइडे	Cl^-
लोह (आयर्न)	Fe^{++}	नायट्रेटे	NO_3^-
मंगल (मँगेनिज)	Mn^{++}	सिलिकेटे	$SiO_3^{=}$

एकूण दुष्फेनतेपैकी बायकार्बोनेट व कार्बोनेट अल्कतेशी समतुल्य असलेली दुष्फेनता ही 'कार्बोनेटी दुष्फेनता' वा 'अस्थायी दुष्फेनता' म्हणून ओळखली जाते. बाकीची म्हणजे सल्फेटे, नायट्रेटे, क्लोराइडे इ. मुळे झालेली दुष्फेनता 'अकार्बोनेटी किंवा स्थायी दुष्फेनता' म्हणून ओळखली जाते. उदा.—

$$\left.\begin{matrix} Ca^{++} \\ Mg^{++} \\ Sr^{++} \\ Fe^{++} \\ Mn^{++} \end{matrix}\right\} \begin{matrix} CO_3^{=} \\ HCO_3^- \end{matrix}$$

कार्बोनेटी वा अस्थायी दुष्फेनता

व

$$\left.\begin{matrix} Ca^{++} \\ Mg^{++} \\ Sr^{++} \\ Fe^{++} \\ Mn^{++} \end{matrix}\right\} \begin{matrix} Cl^- \\ NO^{3-} \\ SO^{4=} \\ SiO_2^{=} \end{matrix}$$

अकार्बोनेटी वा स्थायी दुष्फेनता

आरोग्याच्या दृष्टिकोनातून दुष्फेनतेकडे बघितले असता असे म्हणता येईल की, पेयतेच्या बाबतीत जरी दुष्फेन पाणी स्वीकारले तरीही अपाय होणार नाही. मात्र बाष्पित्रांच्या बाबतीत दुष्फेन पाणी त्याज्य समजावे लागेल. सारणी ७·४ मध्ये निरनिराळ्या वातावरणीय दाबाखाली चालणाऱ्या बाष्पित्रांना चालू शकतील अशी दुष्फेनता-संबंधित मानके दिली आहेत.

अगदी अलिकडे केलेल्या वैद्यक संशोधनाने असे दाखवून दिले आहे की, कॅलशियम-मॅग्नेशियम निष्कासित केलेले सुफेन जल हृद्रोग-निर्मितीस कारणीभूत होते. इंग्लिश शास्त्रज्ञांनी केलेल्या संशोधनात असे आढळून आले आहे की, सुफेन जलाचा पाणी पुरवठा होत असलेल्या विभागात, जेथे दुष्फेन-जल दिले जाते अशा इतर विभागांपेक्षा हृद्रोगांचे ५० प्रतिशत अधिक प्रमाण असते. अमेरिकेतील ९४ शहरात केलेल्या आकडे शास्त्रीय अभ्यासानेही हेच दाखवून दिले आहे.*

* नागपूर टाईम्स २७-६-१९७४ व १६-११-१९७४.

दुष्फेनतेशी संबंधित असलेली कॅलशियम व मॅग्नेशियम घनायने जर कॅलशियम व मॅग्नेशियम सल्फेटांपासून आयनीकृत झालेली असतील (म्हणजेच दुष्फेनता स्थायी स्वरूपाची असेल) तर विशेष लक्ष देण्याची गरज भासते. कॅलशियम सल्फेट ९०० मि. ग्रॅ. प्रती लि. पेक्षा जास्त व मॅग्नेशियम सल्फेट ६०० मि. ग्रॅ. प्रती लि. पेक्षा जास्त असेल तर ती 'सारक' (Purgative) ठरतात. मॅग्नेशियम व सोडियम सल्फेट एकाच वेळी उपस्थित असली व त्यांची एकत्रित सांद्रता १,२०० मि. ग्रॅ. प्रती लि. पेक्षा जास्त असली तर अतिसाराचा उपद्रव होतो. जनावरांच्या बाबतीत तर हा रौद्र स्वरूप धारण करू शकतो.

सारणी ७·४: स्वीकारार्ह गुणवत्ता–निरनिराळ्या दाबाखालील बाष्पित्रांना चालू शकणारे पाणी

गुणवैशिष्टये	← दाब (Psi) →			
	० ते १५०	१५० ते २५०	२५० ते ४००	४०० हून अधिक
* गढूळता ..	२०.०	१०.०	५.०	१.०
विलीन ऑक्सिजन ..	१.५	०.१	०.०	०.०
हायड्रोजन सल्फाइड	५.०	३.०	०.०	०.०
एकूण दुष्फेनता ..	८०.०	४०.०	१०.०	२.०
* सल्फेट : कार्बोनेट (अनुपात)	१ : १	२ : १	३ : १	..
Al_2O_3	५.०	०.५	०.०५	०.०१
SiO_2	४०.०	२०.०	५.०	०.०
बायकार्बोनेट HCO_3^{--}	५०.०	३०.०	५.०	०.०
कार्बोनेट $CO_3^{=}$ ..	२००.०	१००.०	४०.०	२०.०
हायड्रॉक्साइड OH^-	५०.०	४०.०	३०.०	१५.०
एकूण घनद्रव्ये ..	५०० ते ३०००	५०० ते २५००	१०० ते १५००	५०
*कमीत कमी pH मूल्य	८.०	८.४	९.०	९.६

* या खुणेसमोर लिहिलेली गुणवैशिष्टये सोडून सर्व मि. ग्रॅ. प्रती लि. मध्ये अभिव्यक्त केली आहेत.

गढूळता व pH मूल्य 'एककात' (Unit) अभिव्यक्त केली आहेत.

क्लोराइड (Cl^-):

क्लोराइडचे पाण्यातील प्रमाण वाढले तरी त्यापासून प्रकृतीला कसलाही धोका पोहोचत नाही. पण क्लोराइडच्या पाण्यातील अतिशयित प्रमाणाने वनस्पती सृष्टीवर मात्र निश्चित परिणाम घडून येतो. ह्या गोष्टींची चर्चा पुढे केली आहेच.

क्लोराइडचे प्रमाण एका लिटरमध्ये २५० मि. ग्रॅ. पेक्षा जास्त झाले तर पाण्याला एक विशिष्ट प्रकारची चव येते, व ती चवच पेयता कमी करते. मानकांमध्ये क्लोराइडच्या सांद्रतेची वरची सीमा २५० मि. ग्रॅ. प्रती लिटर ठेवली आहे ती एवढ्याचसाठी. मात्र कोणत्याही परिस्थितीत सामावून घेण्याच्या माणसाच्या अंगभूत गुणधर्मामुळे क्लोराइडचे प्रमाण वाढले तरीही पाण्याचा वापर होतोच.

क्लोराइडचे एकाएकी वाढलेले प्रमाण मलप्रदूषणाची संभाव्यता दाखविते. १९५५-५६ साली दिल्लीतील जलउद्यमात विश्लेषण केलेल्या पाण्यातही हे दिसून आले आहे. पूर्वी जीवाणूशास्त्रीय विश्लेषण पद्धती ज्ञात नव्हती तेव्हा ही परीक्षा त्या दृष्टीकोनातून महत्त्वाची समजली जात असे.

तीव्र दाबाच्या बाष्पित्रांमध्ये आढळणाऱ्या तपमानात क्लोराइडांचे विघटन होते व हायड्रोक्लोरिक अम्लाची निर्मिती होते. हायड्रोक्लोरिक अम्लाचा अंश असलेले पाणी संक्षारक असते व त्यामुळे बाष्पित्रांना धोका संभवतो.

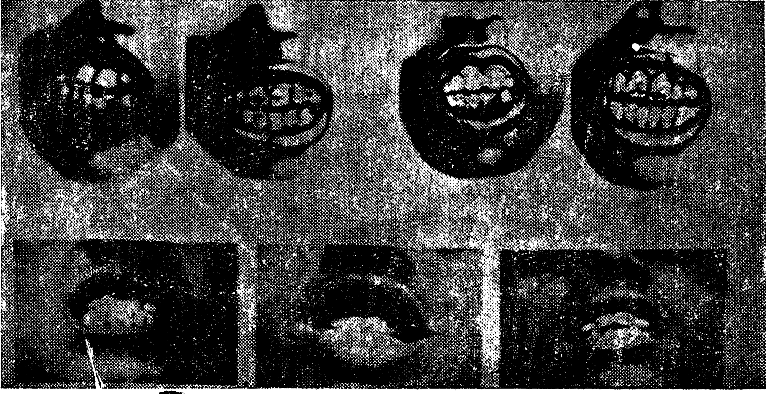
क्लोराइडांचे आधिक्य असलेले पाणी बर्फ तयार करण्याच्या कामासाठी वापरत नाहीत त्यामुळे बर्फाचा दर्शनी भाग विरूप होतो. बीअर किंवा अल्कोहोलचा अंश नसलेली इतर शीतपेये (Soft drinks) बनवतानाही क्लोराइडचे परिमाण २ मि. ग्रॅ. प्रति लिटरपेक्षा जास्त असून चालत नाही, कारण त्यांच्यामुळे चवीत बराच फरक पडतो.

क्लोराइडयुक्त पाण्यामुळे सुपिक शेतीचा नायनाट होतो व आम्रवृक्षासारखी मोठी झाडेही वठू लागतात. अवर्षण काळात समुद्रानजिकच्या प्रदेशात खूप खोलवर खणलेल्या विहिरीतील भूजलाचा मोठ्या प्रमाणावर वापर होऊ लागला तर जमिनीतील जलस्थैतिक संतुलन बिघडते व समुद्रजलाचा जमिनीत शिरकाव होऊन भूजल खारट बनते. अशा तऱ्हेचा अनुभव सौराष्ट्रातील चोरवाड या सहलीच्या ठिकाणापासून जवळ असलेल्या शारदाग्राम या ठिकाणी लोकांना नुकताच आला आहे.

फ्लोराइडे (F^-) :

पाण्यात आढळणाऱ्या असंख्य घटकद्रव्यात फ्लोराइडचे स्थान काही अंशी वैशिष्टचपूर्ण असते. इतर घटकद्रव्यांच्या बाबतीत मानकांमध्ये निर्धारित केलेल्या परिमाणाच्या मर्यादेबाहेर ती जात नाहीत ना एवढी एकच गोष्ट बघावी लागते. फ्लोराइडच्या बाबतीत मात्र तसं नाही. काही एका विशिष्ट मर्यादेतच, (०·५ ते १·५ मि. ग्रॅ. प्रति लिटर) —फ्लोराइडचे प्रमाण ठेवावे लागते. ०·५ मि. ग्रॅ. प्रति लिटरपेक्षा ते कमी असून चालत नाही व १·५ मि. ग्रॅ. प्रति लिटरपेक्षा ते जास्त असलेले खपत नाहीत. 'धरलं तर चावतं आणि सोडलं तर पळतं' अशीच काहीशी गत!

दात खडूसारखे कळाहीन होणे, त्यावर खड्डे पडणे, दातावरील 'काचाभ आवरण' तडकणे, दात किडणे या गोष्टी मानवाला फार प्राचीन काळापासून ज्ञात आहेत. परंतु त्यांची कारणे शोधून काढण्यासाठी सुरू केलेल्या पद्धतशीर शास्त्रीय संशोधनाने फ्लोराइड नि दातांचे आरोग्य यांचा अन्योन्य संबंध दाखवून दिला आहे. १९३८ मध्ये डीन या शास्त्रज्ञाने



छायाचित्र क्रमांक १ : अति फ्लोराइडयुक्त पाण्याचा दातांवर झालेला परिणाम



छायाचित्र क्रमांक २ : अति फ्लोराइडयुक्त पाण्यामुळे निर्माण झालेले अस्थिकाठिण्य.

असे दाखवून दिले की, ज्या ठिकाणी दातावरील काचाभ आवरण तडकण्याचे आकडे-शास्त्रीय प्रमाण अधिक आहे त्या ठिकाणी दात किडण्याचे प्रमाण कमी आढळते. डीनच्या या संशोधनाने फ्लोराइडचे प्रमाण व त्याच्याशी संबंधित असलेल्या दातांचे आरोग्य यावर सखोल अभ्यास सुरू करण्यास उत्तेजन मिळाले. अधिक अभ्यासानंतर असे दिसून आले की, दाताचे आरोग्य व्यवस्थित ठेवण्यासाठी प्रती लिटर पाण्यामध्ये १ मि. ग्रॅ. फ्लोराइड असणे आवश्यक आहे. त्यापेक्षा फ्लोराइडचे प्रमाण कमी होत गेल्यास दात किडण्याचे सरासरी प्रमाण वाढते, याच्याउलट फ्लोराइडचे हे प्रमाण वाढत गेल्यास दात किडण्याचे प्रमाण कमी होते, परंतु काचाभ आवरण तडकण्याचे प्रमाण वाढत जाते (आकृती ७.३).

फ्लोराइड कमी असल्यामुळे दातावर होणारा अपाय हा मुख्यत्त्वेकरून दुधाचे दात पडून पक्के दात यावयाच्या आधीच्या वयातील मुलांच्यात दिसून येतो. या वाढीच्या वयातच दातांकडून व हाडांकडून फ्लोराइडची मागणी वाढते. ती पूर्णतः पुरविली न गेल्यास दात व हाडे यांच्यात विकृती निर्माण होते. पाण्यात ०.५ मि. ग्रॅ. प्रति लि. पेक्षा कमी फ्लोराईडे असतील तर बाहेरून फ्लोराइडांचा पुरवठा करणे (Fluoridation) आवश्यक असते. इग्लंड-अमेरिकेतील काही भागात पाणीपुरवठ्यामध्ये फ्लोरीडीकरणाची गरज भासत आहे. काही ठिकाणी ही पद्धत प्रचलितही आहे. उदा. अमेरिकेतील न्यूबर्ग, न्यूयॉर्क, मिचिगन इत्यादी. इंग्लंडसारख्या सुधारलेल्या देशातही 'देवाने दिलेल्या नैसर्गिक पाण्यात माणसाने ढवळाढवळ करू नये' या विचाराची सनातन मंडळी फ्लोरिडीकरणास कडाडून विरोध करत आहेत. सोडियम फ्लोराइड NaF, सोडियम सिलिकोफ्ल्यूरॉइड $Na_2 SiF_6$, हायड्रोफ्लुओसिलिसिक ॲसिड $H_2 SiF_6$ इ. रसायने पाण्यात टाकून फ्लोरिडीकरण करतात. फ्लोरिडीकरणाने फ्लोराइड आयनांचे (F^-) प्रमाण वाढते व ते (१) काचाभ आवरणाची अम्लातील विलेयता वाढवते व कीड थोपविते, (२) काचाभ आवरणावर अभिक्रिया करणाऱ्या अम्लांची निर्मिती करणाऱ्या प्रकिण्वांना क्रियाहीन बनवून कीड थांबविते.

फ्लोराइडांचे प्रमाण प्रति लिटर १.५ मि. ग्रॅ. पेक्षा अधिक असले व ते पाणी लहान-पणापासून पिण्यात आले तर केवळ दातावरील काचाभ आवरण तडकते एवढेच नव्हे तर वाढत्या फ्लोराइडच्या प्रमाणाबरोबर एकाहून एक असे भयंकर परिणाम दृष्टोत्पत्तीस येऊ लागतात. सारणी ७·५ मध्ये फ्लोराइडांचे प्रमाण व त्यामुळे होणारी विकृत्ती दाखविली आहे. १.५ मि. ग्रॅम प्रति लिटरपेक्षा जास्त फ्लोराइड असले तर रासायनिक उपचारण पद्धती वापरून ते प्रमाण कमी करणे अगत्याचे असते. या क्रियेला 'वि-फ्लोरिडीकरण' असे म्हणतात. विफ्लोरिडीकरण प्रक्रियेवर भारतातील गिंडी इंजिनिअरिंग कॉलेज, मद्रास, नॅशनल एन्व्हायरॉनमेंटल इंजिनिअरिंग रिसर्च इन्स्टिटयूट (NEERI), नागपूर येथे मोठ्या प्रमाणावर काम चालू आहे. 'आयन एक्स्चेंज' पद्धतीने वा नालगोंडा पद्धतीने विफ्लोरिडीकरण करतात. अतिशयित फ्लोराइडांचे प्रमाण सापडणाऱ्या देशात भारत येत असल्याने याकडे सर्वांचेच अधिक लक्ष आहे. भारताव्यतिरिक्त आफ्रिका, जपान, कॅनडा इ. देशातही हा प्रश्न भेडसावत आहे. भारतातील इंडियन कौन्सिल ऑफ मेडिकल रिसर्च (ICMR) या संस्थेने बऱ्याच मोठ्या प्रमाणावर सर्वेक्षण करून अधिक प्रमाणात (१.५ मि. ग्रॅ. प्रति लिटरपेक्षा जास्त) फ्लोराइड सापडणारे भाग दाखविणारा एक नकाशाच तयार केला आहे. या नकाशात पंजाब, राजस्थान, हरियाणा, मध्यप्रदेश, महाराष्ट्र, आंध्र हे प्रदेश अतिफ्लोराइडांचे म्हणून दाखविले आहेत. आंध्र, मध्यप्रदेश व पंजाब

येथे तर ८, १०, १२ मि. ग्रॅ. प्रति लिटर इतके फ्लोराइडांचे प्रमाण सापडले आहे. अर्थातच त्यामुळे 'अस्थिकाठिण्य' काचाभ आवरण तडकणे व काही ठिकाणी अपंगावस्थाही पहावयास मिळते. छायाचित्रात (१, २) या सर्व गोष्टी पहावयास मिळतात.

सारणी ७·५ : पाण्यातील फ्लोराइडांचे परिमाण व त्यामुळे निर्माण होणाऱ्या विविध विकृती. *

फ्लोराइडांचे परिमाण (mg / l)		विकृती
< १	..	दातात कीड
१	..	कीड पडण्यास प्रतिबंध †
२ किंवा अधिक	..	दातावरील काचाभ आवरण तडकणे (Mottling)
८	..	अस्थिकाठिण्यांचे प्रमाण १० टक्क्यापर्यंत सापडते.
२० ते ८० प्रतिदिन सेवन	..	अपंगावस्था
५०	..	थायरॉइड ग्रंथीत विकृती
५००	..	खुंटित वाढ
> १२५	..	मूत्रपिंडात विकृती
२.५ ते ५ ग्रॅम (एकावेळेस)	..	मृत्यू. ‡

* WHO ने प्रकाशित केलेल्या Fluorides या पुस्तकातून.

† हे आरोग्याच्या दृष्टिकोनातून उत्तम सांद्रण.

‡ हे पाण्यातील प्रमाण नसून परीक्षणासाठी कृत्रिम तऱ्हेने तयार केलेले सांद्रण.

आयोडीन :

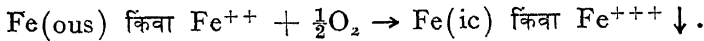
थायरॉक्सीनच्या (एक हारमोन) जीवरासायनिक संश्लेषणासाठी थॉयरॉईड नावाच्या अन्तःस्रावी ग्रंथींमध्ये असेंद्रिय आयोडीनची गरज असते. हे असेंद्रिय आयोडीन कमी प्रमाणात असले तर थायरॉक्सीनच्या संश्लेषणात बाधा निर्माण होते. थॉयरॉईड ग्रंथी सुजू लागते. या विकृतावस्थेस गलगंड (गॉयटर) असे म्हणतात. आयोडीन, अन्न व पाणी यांच्यामार्फतच शरिरात जात असल्याने त्याचा विचार येथे केला आहे. भारतातील उत्तरेकडच्या डोंगराळ भागात सापडणाऱ्या पाण्यात आयोडीन अत्यंत कमी प्रमाणात सापडत असल्याने त्या ठिकाणी हा रोग आढळून येतो. शास्त्रीय परिभाषेत या भागाला 'एण्डेमिक' असे म्हणता येईल. इतिहासातही या रोगाची साक्ष सापडते.

१७ व्या शतकात रजपूत राजांच्या ताब्यात असलेला पंजाबातील पिंजर उद्याननजिकचा प्रदेश औरंगजेबाने जिंकून त्या ठिकाणी कारभार पाहण्यासाठी आपला सरदार फिदाई खान याची नियुक्ती केली. फिदाईखान व त्याच्या राण्या निसर्गसुंदर पिंजर उद्यान व त्याजवळचा रमणीय परिसर पाहून कमालीच्या मोहित झाल्या, आणि त्यांनी तेथेच राजवाडा

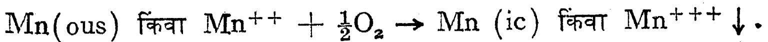
बांधून कायमचे स्थायिक होण्याचे ठरविले. त्यांच्या या विराचाने तेथील मूळच्या रजपूत राजांना धसकाच बसला. त्यांनी फिदाईखानाला तेथून हुसकावून लावण्यासाठी प्रयत्नांची शर्थ केली पण व्यर्थ. अखेरीस त्यांना एक अभिनव कल्पना सुचली. त्यांनी तेथील डोंगराळ भागात राहणाऱ्या व गलगंड रोगाने पछाडलेल्या स्त्रियांना फळविक्या म्हणून राण्यांच्याकडे पाठविले. फळे विकत घेताना कुतुहल म्हणून राण्यांनी त्यांच्या रोगाची विचारपूस केली. विकृतीचे कारण पाणी आहे हे कळल्यामुळे राण्या हादरल्याच. त्यांनी तेथे स्थायिक होण्याचा विचार सोडून दिला व फिदाईखानास तो प्रांत सोडून जाण्यास भाग पाडले.*

लोह आणि मंगल :

ही दोन्हीही द्रव्ये सर्वसाधारणतः भूजलात सापडतात. पृष्ठीय जलात यांच्यापासून कधीच उपद्रव संभवत नाही. लोह व मंगल यांच्यापासून तयार झालेली काही संयुगेच (फेरस व मॅगनस संयुगे) पाण्यात विलेय असतात. ही संयुगे ज्या पाण्यात वायुसंचारण अजिबात होत नाही किंवा अत्यल्प प्रमाणात होते अशाच ठिकाणी आढळतात. वायुसंचारण झाल्यास या संयुगातील लोह व मंगल यांचे ऑक्सिकरण होऊन जास्त संयोजकता असलेल्या संयुगात (फेरिक व मँगेनिक संयुगे) रुपांतर होते. नव्याने तयार झालेली संयुगे पाण्यात अविलेय असतात व त्यामुळे ती अवक्षेपित होतात. अशा रीतीने पाण्याचे उपचारण होऊन लोह व मंगलचे निष्कासन होते :—



$$Fe(ous) \text{ किंवा } Fe^{++} + \tfrac{1}{2}O_2 \rightarrow Fe(ic) \text{ किंवा } Fe^{+++}\downarrow.$$



$$Mn(ous) \text{ किंवा } Mn^{++} + \tfrac{1}{2}O_2 \rightarrow Mn\ (ic) \text{ किंवा } Mn^{+++}\downarrow.$$

लोहात होणारे फेरबदल जलदगतीने व्हावेत यासाठी pH मूल्य ६ च्या वर व मंगलसाठी ९ च्या वर आणावे लागते.

लोह व मंगल हे काही एका सांद्रणापर्यंत प्रकृतीच्या दृष्टिकोनातून विचार केल्यास निरुपद्रवी असतात. अतिशयित प्रमाणातील लोह क्वचित्प्रसंगी जठरान्त्रव्रण निर्माण करू शकते. बर्फ तयार करणे, धुलाई, रंगनिर्मिती, नळकाम, यासारख्या कामात पाण्याचा वापर करावयाचा असल्यास लोह व मंगल निष्कासित करणे भाग पडते (सारणी ९·१). पाणी पुरवठा पद्धतीत जास्त लोह असलेले पाणी पुरविले जात असल्यास लोह-जिवाणूंची (आयर्न बॅक्टेरिया) वाढ होऊन उपद्रव होतो.

सल्फेट ($SO_4^{=}$) :

सल्फेटांचा विचार कॅल्शियम, मॅग्नेशियम, सोडियम व पोटॅशियम् यांच्याबरोबरच करावा लागतो. पाण्याच्या संबंधात २५० मि. ग्रॅ. प्रतिलिटर सल्फेट ही वरची मर्यादा समजली जाते. यापेक्षा जास्त सांद्रता झाल्यास 'सारक' परिणाम घडून येतो.

---

* Pi jore Girde, Advance, Quarterly Pageat of Punjab's Life & Culture Vol. VI. No. 4, Oct.-Dec., 59.

नायट्रेटे (NO_3^-) :

जीवाणुशास्त्रीय विश्लेषणपद्धतीचा शोध लागण्यापूर्वी क्लोराइडे व नायट्रेटे हीच महत्त्वाची समजली जात असत. नायट्रोजनचे विविध स्वरूपातील—अमोनिया नायट्रोजन NH_3—N, नायट्राइट नायट्रोजन NO_2—N, नायट्रेट नायट्रोजन NO_3—N—निर्धारण करून पाण्याच्या शुद्धाशुद्धतेविषयी मतप्रदर्शन केले जात असे. NH_3—N चे आधिक्य आढळल्यास त्या पाण्यात प्रथिनांची विघटनक्रिया चालू असून त्या क्रियेची परिणती NH_3—N चे प्रमाण वाढण्यात होत आहे असा निष्कर्ष निघतो. अर्थातच तो निष्कर्ष पाण्यात 'नुकतेच प्रदूषण झाले आहे' या निष्कर्षाप्रत आणून सोडतो. NO_2—N हा, प्रदूषणानंतर काही काळ लोटला असला तरी, विघटनक्रिया चालूच आहेत याची सूचना देतो. NO_3—N चे आधिक्य, प्रदूषणामुळे चालू झालेल्या सर्व रासायनिक, जीवरासायनिक क्रिया पूर्णतेस पोहोचल्या असून 'स्थिरता' प्राप्त झाली आहे, याची साक्ष देतो. या क्रिया सूत्ररूपाने पुढे दिल्या आहेत :—

नायट्रोजनयुक्त सेंद्रिय पदार्थ (प्रामुख्याने प्रथिने) $\xrightarrow[\text{जीवाणुप्रक्रिया}]{}$ अमोनिया (NH_3)

अमोनिया + ऑक्सिजन (विलीन ऑक्सिजन) $\xrightarrow[\text{जीवाणुप्रक्रिया}]{}$ नायट्राइटे (NO_2^-)

नायट्राइट + ऑक्सिजन (विलीन ऑक्सिजन) $\xrightarrow[\text{जीवाणुप्रक्रिया}]{}$ नायट्रेट (NO_3^-)

या अभिक्रिया होत असल्यास व त्यामुळे निघणारे निष्कर्ष बऱ्याच प्रमाणात सत्य असले तरी आजकल 'पेयता' गुणधर्माची पारख करत असताना एवढ्यावरच विसंबून न राहता इतर विश्लेषणपद्धतींची मदत घेतली जाते.

वर उल्लेखिलेल्या गोष्टींव्यतिरिक्त नायट्रेटांकडे आणखी एका गोष्टीमुळे विशेष लक्ष पुरविणे आवश्यक असते. मोठ्या प्रमाणावर होत असलेला सेंद्रिय खतांचा वापर अधिक पीक देत असला तरी त्याचबरोबर काही इतर गोष्टी अभावितपणे घडून येतात. त्यातील एक म्हणजे शेतातून जमिनीत मुरणाऱ्या अपशिष्टांबरोबर (Farm wastes) जाणारी नायट्रेटांची मात्रा. ही नायट्रेटे पाण्यात सहज विलेय असल्यामुळे भूजलात आपले अस्तित्व दाखवू लागतात. नायट्रेटांचे आधिक्य असलेले भूजल पिण्याच्या वापरात आले तर मेटहिमोग्लोबिन रक्ततेसारखा भयानक रोग उद्‌भवू शकतो. केवळ दुधाच्या भुकटीवर अवलंबून असलेल्या ६ महिन्यांखालील अर्भकांच्या बाबतीत हे नायट्रेटयुक्त भूजल भुताटकी-सारखे मानगुटीवर बसते. बिचारी निष्पाप अर्भके त्याला वळी पडतात. सुदैवाने भारतात अजून बालक बव्हंशी स्तनपान करीत असल्याने या रोगाची भयकारीकता दिसून आली नाही. भुकटीपासून दूध तयार करताना वापराव्या लागणाऱ्या पाण्यात ४५ मि. ग्रॅ. प्रति लि. पेक्षा जास्त नायट्रेटे असतील तर या रोगाचा प्रादुर्भाव होतो. सामान्यत: अर्भकांच्या बाबतीत वयात आलेल्या मानवापेक्षा तिप्पटीने द्रव पदार्थांचे सेवन होते. या वयात अर्भकांच्या शरिराची वाढ परिपूर्ण झालेली नसल्याने जठर-रसाचे स्रवण व्हावे तसे होत नाही. अर्थातच त्यामुळे जठरातील पदार्थांचे pH मूल्य ५ ते ६ च्या दरम्यान राहते (एरव्ही ते २ ते ३ च्या दरम्यान असते). या उच्च pH मूल्यामुळे नायट्रेटांचे 'अवकरण' करणाऱ्या जीवाणूंची अनिर्बंध

वाढ होत राहते. हे जीवाणू दूधातील पाण्यात विलेयावस्थेत असलेल्या नायट्रेटांचे अवकरण करून त्यांचे रूपान्तर नायट्राइटात करतात. ही नायट्राइटे हिमोग्लोबिनवर रासायनिक अभिक्रिया करून त्यातील लोहाचे संपूर्ण ऑक्सिकरण करतात. संपूर्णतया ऑक्सिकृत झालेले लोहयुक्त हिमोग्लोबिन रक्तावाटे संपूर्ण शरिराला ऑक्सिजनचा पुरवठा करण्यास असमर्थ बनते. परिणामतः मुले ऑक्सिजनच्या कमतरतेमुळे निळी पडू लागतात आणि त्यातच त्यांचा अन्त होतो. या रोगाला 'मेटहेमोग्लोबिन रक्तता' किंवा नीलअर्भकी रोग असे म्हणतात. हा रोग फक्त ६ महिन्यांखालील अर्भकांतच होतो.

आधुनिक संशोधनाने असेही दाखवून दिले आहे की, नायट्रेटांचे आधिक्य असलेले पाणी सतत सेवन केल्यास पोटाचा कॅन्सर होण्याचे प्रमाण वाढते. नॉटिंगहॅमशरमधील प्रयोगशाळेत केलेल्या सर्वेक्षणाला 'ब्रिटिश न्युट्रीशन फाऊंडेशनने' केलेल्या संशोधनामुळे अधिक पुष्टी मिळाली आहे*

पाण्यातील नायट्रेटांचे प्रमाण हे सामान्यतः पाण्यात होणाऱ्या मलजलाच्या विसर्जनामुळे किंवा भरपूर मोठ्या प्रमाणात वापरण्यात येत असलेल्या रासायनिक खतांमुळे वाढू शकते.

फॉस्फेटे (PO_4^{3-}) :

सर्वसाधारणपणे यांचे प्रमाण पाण्यात अतिशय अल्प असते. सार्वजनिक पाणीपुरवठ्यात 'संक्षारण नियंत्रणासाठी' वापरत असलेल्या पॉलीफॉस्फेटांमुळे किंवा पाण्यात झालेल्या मलविसर्जनामुळे यांचे प्रमाण वाढू शकते व एकादेवेळी ते उपद्रवकारकही बनू शकते. फॉस्फेटे ही जीवकोषिकांच्या वाढीस पोषक असल्यामुळे शेवाळी व इतर पाणवनस्पतींची वाढ होऊन जलाशय निरुपयोगी होऊ शकतो. याची सविस्तर चर्चा प्रदूषणावरील प्रकरणात केली आहे.

वर वर्णन केल्याप्रमाणे पाण्यातील घटकद्रव्यांव्यतिरिक्त इतर अनेक घटकद्रव्यांच्या विसर्जनामुळे पाणी अशुद्ध बनू शकते. आजच्या युगाचे सारे दुःख या मनुष्यनिर्मित प्रदूषणाने अशुद्ध बनत चाललेल्या हवा-पाण्यामुळेच निर्माण झालेले आहे. दर दोन वर्षांनी पाण्यावर होणाऱ्या आन्तरराष्ट्रीय परिसंवादात या विषयांवर चर्चा केली जाते. विविध पदार्थांच्या पाण्यात उपस्थित असलेल्या वा भविष्यात उपस्थित होऊ पहाणाऱ्या अंशात्मक अस्तित्वाचीही गंभीरतेने दखल घेतली जाते. त्यांचे घातुक परिणाम लक्षात घेऊन निरुपद्रवकारी परिमाणे निर्धारित केली जातात. सर्व घटकद्रव्यांची मानक सांद्रता व त्यापेक्षा अधिक सांद्रता वाढल्यास होणारे अपायकारक परिणाम, त्यांची विश्लेषणपद्धती याविषयी साग्र हकिकत देणारे "Water Quality Criteria" या नांवाचे पुस्तक प्रकाशित केले जाते. पाण्याला अशुद्ध बनविणाऱ्या सर्व घटक द्रव्यांचा विचार या प्रकरणात करणे केवळ अशक्य असल्याने फक्त काहींचाच परामर्श येथे घेतला आहे.

*Water Services—Vol. 78, page 937, year 1974.

प्रकरण ८

जलप्रदूषण

वर्णभेद, जातिभेद, देशभेद, इतकेच नव्हे तर संस्कृतिभेदही बाजूला ठेवून भूतलावरील अखिल मानवजातीचा अद्यावत् इतिहास लिहावयाचा ठरविले तर सोयीसाठी म्हणून या प्रदीर्घ कालखंडाचे निरनिराळे विभाग कल्पून त्यांना एकमेकापासून वेगळे दाखविण्यासाठी वेगवेगळी नामाभिधाने द्यावी लागतील. आतापर्यंत होऊन गेलेल्या कालखंडांना काय नावे द्यावीत याविषयी निश्चित मतभेद होतील. मतभेद होणार नाहीत ते फक्त अर्वाचीन कालखंडाला द्याव्या लागणाऱ्या नावाबद्दल. साऱ्या मानवसमूहात याविषयी अगदी एकमत आहे. अर्वाचिन कालखंडाचं यथार्थ ज्ञान 'प्रदूषण यूग' या नावाने खचित होईल.

सर्व जीवसृष्टीत अधिक उत्क्रान्त म्हणून मान्यताप्राप्त झाल्यानंतरही मानव अजून असंतुष्टच आहे. 'अजून काही' 'अजून काही' हा घोष कायम ठेवून त्याने तंत्रविद्याप्रधान औद्योगिक संस्कृतीची बांधिलकी बुद्धिपुरस्सर स्विकारली आहे. नवीन उत्पादने, अधिक उत्पादने, अधिक नफा, अधिक समृद्धी अशी त्याची सतत घोडदौड चालू आहे. या साऱ्या गोष्टींबरोबर अधिक लोकसंख्या, लोकसंख्येचे नागरीकरण वगैरे मोठ्या प्रमाणावर चालू आहे. या साऱ्यांची अपरिहार्य परिणती प्रदूषणाच्या वाढीत होत आहे. कृत्रिम सेंद्रीय पदार्थ, प्लॅस्टिकची उपकरणे, औषधे, कीटकनाशके आणि समृध्दीच्या कैफात निरुपयोगी म्हणून टाकण्यात येणारी सेंद्रिय व असेंद्रिय द्रव्ये पर्यावरणाचे नैसर्गिकरूप झपाट्याने पालटू लागले आहेत. सारं काही प्रदूषित होऊ लागलं आहे. व्हॅन्स हार्टके याने अत्यंत चपखलपणे या स्थितीचे वर्णन केले आहे. तो म्हणतो, " A runaway technology, whose only law is profit, has for years poisoned our air, ravaged our soil, stripped our forests bare, and corrupted our water resources ".

या होत असलेल्या प्रदूषणांपैकी फक्त जलप्रदूषणाचाच विचार या प्रकरणात करावयाचा आहे. एकटे जलप्रदूषणही इतके भयंकर आहे की त्याचे सम्यक् दर्शन होणे शक्य नसले तरी साधे ओझरते दर्शनही आपल्याला अस्वस्थ करून सोडते. २ जून १९७६ या दिवशी समाचार वृत्तसंस्थेने साऱ्या वृत्तपत्रांना पुरवलेली एक बातमी अत्यंत बोलकी असून कोणाही सुबुद्ध नागरिकाला अन्तर्मुख बनविण्याइतपत, अस्वस्थ करण्याइतपत समर्थ आहे. त्या बातमीचे वैशिष्ठ्य असे की, ती "युनेप" च्या अभ्यासगटाने केलेल्या सर्वेक्षणाचं फलित आहे. त्या बातमीप्रमाणे "दर दिवशी एकूण जागतिक संख्येपैकी २५,००० माणसे जलवाहित रोगांमुळे मृत्युमुखी पडतात .... एकूण लोकसंख्येपैकी बहुसंख्य म्हणजे जवळ जवळ ७० प्रतिशत लोकसंख्या निर्धोक किंवा सुरक्षित पाणीपुरवठ्यापासून वंचित आहे." या बातमीच्या संदर्भात भारताचा विचार करायला लागलं तर दिनांक ८ एप्रिल १९७६ च्या "महाराष्ट्र टाईम्सच्या" संपादकीय स्फुटाची (धावते जग) आठवण होते. " ..... सुमारे

६ लाख खेड्यांपैकी जवळजवळ ४.५ लाख खेड्यात पाण्यासाठी प्राचीन काळापासून चालत आलेल्या साधनांवरच अवलंबून राहावे लागत आहे. सरकारी आकडेवारीप्रमाणे ४,५०० खेड्यात पाणीपुरवठ्याची काहीच सोय नाही. सुमारे सव्वा लाख खेड्यात पाण्याची टंचाई नेहमीच जाणवत असते......बऱ्याच ठिकाणचे पाणी दूषित असल्याने अनेक रोगांचा व अस्वच्छतेचा प्रादुर्भाव होतो.........सरकारी आकडेवारीप्रमाणे सुमारे ३४ हजार खेड्यात कॉलऱ्याचा सतत धोका असतो, तर सुमारे ३ हजार खेड्यात नारुसारख्या रोगाची छाया जनतेवर सतत पडलेली असते.........सध्याच्या योजने-प्रमाणे पाचव्या योजनेअखेर म्हणजे १९७८-७९ पर्यंत फक्त १८ प्रतिशत खेड्यांना शुद्ध पाणी मिळू शकेल."

या बातम्या वाचल्यानंतर एक प्रश्न साहजिकच मनात येतो की एरवी शुद्ध समजले जाणारे पावसाचे पाणी असे अशुद्ध व रोगकारी बनण्याचं कारण काय असावं? हे रोग, ही अशुद्धता म्हणजे निसर्गाचा अथवा ईश्वराचा रोष तर नाही? कां मानवाच्याच अविवेकी तर्कदुष्ट कृतकर्मामुळे त्याला भोगावी लागणारी ही प्रायश्चिते आहेत? या अनेकविध प्रश्नांच्या माध्यमांतून पाण्याच्या शुद्धाशुद्धतेचा विचार करायला लागलं म्हणजे हरघडी ऐकावयाला लागणाऱ्या जलप्रदूषण आणि प्रदूषणक्रीया यांच्याकडे लक्ष केंद्रीभूत होत प्रदूषणाची तात्विक व्याख्या अगर त्याचे निरनिराळे प्रकार यांची ओळख करून घेण्यापूर्वी आकाशातून धरित्रीकडे धाव घेणाऱ्या पावसाच्या पाण्यात कसकसा बदल होत जातो हे समजा-वून घेणं इष्ट होईल.

पर्जन्याच्या स्वरूपात मिळणारे पाणी हेच त्यातल्या त्यात नैसर्गिक शुद्ध पाणी हे आपण मागेच बघितले. पण हे पाणी देखील वापरण्यायोग्य परिमाणात व योग्य ठिकाणी (नदी, नाले इत्यादी जागी) गोळा होण्यापूर्वीच बऱ्याच वेळा आपली शुद्धता गमावून बसलेले असते. ढगांतून (उंचावरून) जमिनीकडे (खाली) येण्यापर्यंतच्या काळात व प्रवासात पाण्याला वाटेतच येऊन भेटणारे ऑक्सिजन, कार्बन डायऑक्साईड, नायट्रोजन, क्वचित् प्रसंगी सल्फर-डाय-ऑक्साइड यांच्यासारखे वायू, हवेतील धूलीकण, जमिनीला स्पर्श करताक्षणीच 'जीवनांत' आपलं जीवन समर्पित करणारी खनिजे, पाण्याला 'पायस' रूप देणारी किंवा निलंबित अवस्थेत कां होईना पण पाण्याशी जवळिक साधू पाहणारी सेंद्रिय द्रव्ये पाण्याची शुचिता भ्रष्ट करून टाकतात. या साऱ्यांच्या जोडीला कार्यकारणभावा-विषयी सर्वस्वी अज्ञ, परिमाणाच्या गंभीरतेचा विचार करण्याइतपत तल्लख बुद्धी नसलेले मूक पशुजगत् आणि सारं विश्व हेच घर समजून स्वच्छंदाने गगन विहार करणारे पक्षीगण आपल्या मलमूत्रविसर्जनाने पाण्याला अशुद्ध बनविण्यातील आपला वाटा उचलित असतात. आश्चर्याची गोष्ट म्हणजे तर्कसुसंगत विचार करणारा, विश्वाची कोडी उकलून चंद्र, मंगळ, शुक्र यासारख्या अपरिचित प्रदेशात पाय ठेवून ते भक्कमपणे रोवू पाहणारा, इतकेच नव्हे तर आपल्या बुद्धिमत्तेच्या जोरावर 'विश्वामित्री प्रतिसृष्टी' निर्माण करू पाहणारा मानव देखील तितक्याच हलगर्जीपणाने, वापरून निकामी झालेले जल (मल) व औद्योगिक प्रक्रियांनंतर निकृष्ट दर्जाचे बनलेले 'अपशिष्ट' 'कृष्णार्पणमस्तु' असं म्हणून, त्यांचा एरवी शुद्ध असलेल्या पाण्यात अर्घ्य टाकून नद्यांना अयोग्य बनवतो. याचे प्रत्यंतर, पुरावाच द्यायचा म्हटलं तर पवित्र अतएव प्रातःस्मरणीय म्हणून समजल्या जाणाऱ्या "गंगेच यमुने चैव गोदावरी सरस्वती, नर्मदा, सिन्धू, कावेरी......" या सप्तनद्यांच्या सद्यःस्थितीची साक्ष काढावी लागेल. गंगेने बराऊनीच्या तेलकारखान्यातील अपशिष्टामुळे पेट घेतला,

यमुनेने १९५५-५६ साली मलविसर्जनामुळे काविळीचं थैमान घालून निरपराध माणसांचे बळी घेतले, आसवनीतील 'अपशिष्ट धावनजल' उदरांत सामावून घेतल्यामुळे भामाठाण ते प्रवरासंगम या २५ मैलाच्या टापूतील गोदावरी नदीकाठच्या ५० गावांना गंभीर स्वरूपाचा धोका निर्माण झाला, सांगलीतील साखर कारखान्यातील मळीमुळे कृष्णा-वारणा या जोड-नद्यांचं पाणी दूषित होऊन १० हजारावर लोक विषमज्वराने हैराण झाले. हा सारा इतिहास मन उद्विग्न करतो.

अलाहाबादमध्ये गंगा, यमुना व सरस्वती यांचा संगम होतो म्हणून या स्थानाला परम महात्म्य प्राप्त झालं आहे. अलाहाबादच्या ख्रिश्चन कॉलेजने केलेल्या पाहणीत संगमा-जवळील पाण्यात रोगजंतूंचे प्रमाण फार मोठ्या संख्येत आढळले. त्या पाण्यातील विलीन ऑक्सीजनचे प्रमाण इतके घटले की, त्यात मत्स्यजीवन अशक्य झाले. केंद्र सरकार आणि १४ राज्यांच्या जलप्रदूषणावरील समित्यांच्या प्रतिनिधींची दोन दिवसांची जी एक बैठक नुकतीच दिल्लीत झाली त्या बैठकीचा अहवाल वृत्तपत्र प्रतीनिधींना देताना 'सेंट्रल बोर्ड ऑफ कंट्रोल अँड प्रिव्हेंशन ऑफ वाटर पोल्यूशन' चे निदेशक प्रा. निलय चौधरी यांनी सांगितले की, "बडोदा विभागातील मही नदी, दामोदर घाटी परिसर, मुंबईजवळील ठाण्याच्या खाडी, मद्रासजवळील नदी आणि मदुराई शहरातून वाहणारी वैधई नदी, ह्या नद्या भयानक स्वरूपात प्रदूषित झाल्या आहेत.

गुणवत्तेच्या संदर्भात पाणी निकृष्ट दर्जाचे बनणे म्हणजेच प्रदूषण होणे. प्रदूषण या शब्दाची सर्वसामान्य व्याख्या करावयाची झाल्यास किंवा शास्त्रीय परिभाषेत बोलावयाचे झाल्यास हवा, पाणी, वायुमंडळ या सर्वांचाच समावेश असलेल्या 'पर्यावरणी व प्रदूषणाची' व्याख्या पुढीलप्रमाणे होईल :—

"पूर्णांशाने अथवा बव्हंशाने मानवी प्रयत्नांचे व संघटीत कृतींचे फलित म्हणून वर्णन करता येईल असा उर्जास्वरूपात, विकिरण पातळीत, रासायनिक व प्राकृतिक संघटनेत आणि जीवकोषिकांच्या संख्येत प्रत्यक्ष वा अप्रत्यक्षरीत्या घडून आलेला असमाधान-कारक बदल."

पाण्याच्या बाबतीत विचार करत असतांना 'जलप्रदूषणा' चा विचार प्रामुख्याने करावा लागतो याचे कारण, पाण्यात होत असलेल्या द्रव वा घनस्वरूपातील निःसारांमुळे गृहमलनल किंवा औद्योगिक अपशिष्ट यांच्यामुळे पाण्याची गुणवत्ता हिणकस बनते व ती पुन्हा मानका-वरहुकूम आणण्यास उपचारणावर अतिरिक्त स्वरूपाचा खर्च करावा लागतो, हे होय. या पार्श्वभूमिवर जलप्रदूषणाची सुटसुटीत व्याख्या पुढीलप्रमाणे करता येईल :—

"घन वा द्रव स्वरूपांतील निःसारांमुळे पाण्याच्या इष्टतम उपयोगितेत बाधा आण-णारा गुणवत्तेतील बदल."

या ठिकाणी एक गोष्ट लक्षात ठेवणे आवश्यक आहे की, प्रदूषण ही स्थिती सापेक्ष आहे व पाण्याच्या निरनिराळ्या उपयोगांप्रमाणे (उदा. पिण्याचे पाणी, सिंचनासाठी पाणी, औद्योगिक उपयोगांसाठी पाणी इ.) प्रदूषणाची तीव्रता कमी जास्त होऊ शकते. एवढेच नव्हे तर एकाद्या उपयोगासाठी (पिण्यासाठी) प्रदूषित समजले जाणारे पाणी दुसऱ्या एकाद्या उपयोगासाठी स्वीकार्य ठरू शकेल (सारणी ८.१ व सारणी ९.१).

सारणी ८.१ : पाण्याची गुणवत्ता निदर्शक मानके—पिण्याचे पाणी, मत्स्योत्पादनासाठी पाणी, सिंचनासाठी पाणी*

गुणवैशिष्टये	पिण्याचे पाणी	मत्स्योत्पादनासाठी पाणी	सिंचाईसाठी पाणी
विलीन ऑक्सीजन (DO) प्रतिशत	४०	४०	..
संपृक्तता (pH) मूल्य ..	६.५ ते ९.०	६.० ते ९.०	..
एकूण विलीन द्रव्ये mg/l ..	५००	..	२,१००
क्लोराईडे (Cl^-) mg/l ..	६००	..	६००
अमोनिया नायट्रोजन (NH_2--N) mg/l.	..	१.२	..
बोरॉन (B) mg/l ..	..	..	२.०
सल्फेटे ($SO_4^=$) mg/l ..	..	..	१०००
प्रतिशत सोडीयम ..	..	..	६०
फेनॉली संयुगे (C_6H_5OH) mg/l	०.००१	..	..
विद्युत् संवाहकता ..	..	१,००० .$१०^{-६}$	२,००० .$१०^{-६}$

*IS : २२९६, १९६३ या मानकावरून.

प्रदूषणास कारणीभूत ठरणारे पदार्थ अथवा 'दूषितके' असंख्य आहेत. यासाठीच प्रदूषितकांप्रमाणेच प्रदूषणाचे वर्गीकरण करणे शक्यतो टाळले जाते. प्रदूषणाचा अभ्यास करणे सोयीस्कर व्हावे यासाठीच प्रदूषणाच्या प्रकारावरून वर्गीकरण करण्याची पद्धती सोयीस्कर मानली जाते. हे वर्गीकरण पुढीलप्रमाणे करतात :—

प्रदूषण

- →**रासायनिक**—
  १. विलीन ऑक्सीजनचा उपयोग घेणारे पदार्थ वा निःसारित पाण्यात पडल्यामुळे.
  २. तेले किंवा स्निग्ध पदार्थ पाण्यात पडल्याने.
  ३. घातुक व विषारी पदार्थ पाण्यात मिसळल्याने.
- →**प्राकृतिक**—
  १. घनपदार्थ (निलंबित + विलीन) पाण्यात विसर्जित झाल्यामुळे.
  २. रंजक द्रव्याचे विसर्जन झाल्यामुळे.
  ३. चव व वास निर्माण करणाऱ्या पदार्थांमुळे.
  ४. तप्त निःसारांमुळे.
  ५. अम्ले, अल्के यांच्या विसर्जनामुळे.
  ६. प्रक्षालक द्रव्यामुळे.
- →**जीवाणव विषाणू**.—

प्रदूषण समस्या नीट समजावी व तिची गंभीरता लक्षात यावी यासाठी केवळ पुस्तकी व काल्पनिक माहितीचा अगर उदाहरणांचा उपयोग न करता वास्तविक उदाहरणे व तीही भारतातील देण्याचा प्रामाणिक प्रयत्न या ठिकाणी केला आहे. बहुतेक ठिकाणी वृत्तपत्रात आलेली बातमी जशीच्या तशी अवतरण चिन्हात उद्धृत केली आहे व त्या बातमीचा संदर्भही स्पष्टपणे दिला आहे. यामुळे बातमीची सत्यता यथार्थतेने पटेल. मात्र असे करत असतांना अभिप्रेत विषयाची व्याप्ती लक्षात घेऊन संपूर्ण जलप्रदूषण फक्त तीन विभागातच वर्गीकृत केले आहे.—(१) जीवाणू, विषाणू, कृमींच्यामुळे होणारे प्रदूषण, (२) पौष्णिक द्रव्ये पाण्यात विसर्जित झाल्याने होणारे प्रदूषण व (३) औद्योगिक अपशिष्टे व रसायनांच्यामुळे होणारे प्रदूषण.

जीवाणू व विषाणू, कृमी यामुळे होणारे प्रदूषण :

जलप्रदूषण ही समस्या केवळ सौंदर्यदृष्टीपुरतीच मर्यादित नाही तर वैद्यकीय दृष्टि-कोनातून बघितल्यास त्याहूनही अधिक व्यापक व महत्त्वाची आहे. जीवाणू, विषाणू, प्रोटोझुआ यांचे संदूषण म्हणजे विषमज्वर, शिगेलॉसिस, बॅसिलरी डिसेंट्री, अॅमबिक डिसेंट्री, कॉलरा यासारख्या महाभयंकर रोगांना काखोटीला घेऊन फेरा मारणाऱ्या मरीआईला दिलेले अगत्याचे आमंत्रणच होय !

पाण्यात विसर्जित होणाऱ्या सस्तन प्राण्यांच्या विष्टेमुळे व कळत नकळत विसर्जित केले जाणाऱ्या मलजलामुळे उद्भवणारे विष्ठाप्रदूषण असंख्य रोगाणूंना व विषाणूंना आसरा देते. विष्ठानिवासी रोगाणूंमुळे वर उल्लेखिलेल्या रोगांचा प्रादुर्भाव होतो व क्वचित प्रसंगी त्यांची उग्र प्रमाणात साथही फैलावते.

१९५५ साली दिल्लीत पसरलेली आणि जवळजवळ ३०,००० ते ५०,००० लोकांना त्रस्त करून सोडणारी काविळीची साथ ही जनस्वास्थ्य अभियांत्रिकीच्या इतिहासात स्वतंत्र स्थान पटकावून बसली आहे.[१] या रोगाचा प्रादुर्भाव कसा झाला याची चौकशी करण्या-साठी मुद्दामहून नेमलेल्या मंडळाने तयार केलेल्या अहवालावरून हे स्पष्ट होते की, नजफनगर नाल्याचे विष्ठाप्रदूषित पाणी यमुनेच्या पाण्यात मिसळल्याने व त्यातील विषाणूंच्यामुळे ही साथ उद्भवली. या साथीत असंख्य लोक प्राणाला मुकले. मराठी वाचकांना परिचित असलेले प्रतिभाशाली लेखक व कवी श्री. बा. सी. मर्ढेकर हे याच साथीचे बळी ! या अहवालानंतर काय साध्य झाले ? बरेचसे परकीय शहाणे झाले. त्यांनी विषाणूंचा व मलजलाचा पाण्यात शिरकाव होण्यास प्रतिबंध करून या साथी आटोक्यात आणल्या. भारतात १९५५ नंतर १९७५ मध्ये नागपूरजवळील कामठी येथे व ओरिसा प्रांतात फैलाव-लेल्या गॅस्ट्रो, कॉलरा यांच्या साथी अजूनही आपण काहीच शिकलो नाही याची सत्यता पटवून देतात. १९७६ साली पुन्हा पुण्याजवळील पिंपरी व चिंचवड भागात व अहमदा-बादच्या आसपास याच साथीने धुमाकूळ घालून हजारोंना त्रस्त करून सोडलं.[२, ३, ४, ५]

[१] आर. विश्वनाथन् Indian J. Medical, Res., Suppl. 45, 1, 1957.
[२] नागपूर टाईम्स, २९-५-७५.
[३] लोकमत, १८-६-७५.
[४] महाराष्ट्र टाईम्स, ३-२-७६.
[५] महाराष्ट्र टाईम्स, ३-४-७६.

चार-पाच वर्षापूर्वी मुंबईत पसरलेली कंजक्टीव्हायटीसची साथही पाण्यातील विषाणूंच्याच-मुळे उद्‌भवली होती. या रोगाव्यतिरिक्त शरीराला कुरूपता आणणाऱ्या पोलिओची साथही जलनिवासी विषाणुंच्यामुळेच फैलावते असा पुरावा सापडतो. १९३९, १९४४, १९४८ व १९४९ मध्ये स्वीडनमध्ये ही साथ पसरली होती तर १९५३ मध्ये कॅनडात या साथीनं धुमाकूळ घातला होता.[१]

प्रोटोझुआमुळे (अमीवा हिस्टोलिटीका व जिअॅर्डिया लॅम्बिया) फैलावले जाणारे रोग बऱ्याच देशात आढळून आले आहेत. अमीबायासिस या रोगाच्या वाहकांचे भारतातील प्रतिशत प्रमाण फारच मोठे (जवळजवळ ८५ ते ९० प्रतिशत) आहे असे म्हणतात.

मध्यप्रदेशातील अनेक खेड्यातून नारूसारखा भयंकर रोग असंख्य लोकांना त्रस्त करून सोडतो. हा रोग जलवाहित कृमी व सायक्लॉप्स यापासून उद्‌भवतो.

विषमज्वर, पटकी, आव यासारखे रोग पाण्यातील रोगाणूंमुळे उद्‌भवतात. प्रकरण ६ मध्ये दिलेल्या सारणी ६·४ वरून हे रोग महाराष्ट्रातील मोठ्या शहरातही असून कसे घट्ट मूळ धरून आहेत याची कल्पना येते. या सारणीत दिलेले आकडे हे शहरातील व तेही सरकारी इस्पितळात नोंदलेलेच तेवढे दिले आहेत. खरे आकडे यापेक्षा कितीतरी जास्त असण्याची शक्यता आहे. अगदी अलीकडे महाराष्ट्रातील सांगली शहरांत विषम-ज्वराने घातलेले थैमान चांगलेच स्मरणात आहे. जवळजवळ १०,००० नागरिक या रोगाने आजारी झाले होते. या ठिकाणी एक गोष्ट लक्षात घेतली पाहिजे की, विषमज्वर हा रोग प्रगत देशातून (इंग्लंड, अमेरिका, जर्मनी) नामशेष करण्यात आला आहे. आपल्या येथे 'निर्धोक' पाणीपुरवठा होत असलेल्या शहरातही या रोगाचे अस्तित्व सापडते तेव्हा ग्रामीण विभागात काय चित्र पहावयाला मिळेल याची कल्पनाच केलेली बरी. NICD (नॅशनल इन्स्टीटयूट ऑफ कम्युनिकेबल डिसीजेस) च्या इतिवृत्तात प्रसिद्ध झालेली बातमी सारे काही यथार्थतेने सांगून जाते. त्या इतिवृत्ताप्रमाणे "संक्रामित रोगांमुळे होणारे ३० प्रतिशत् मृत्यू व ५०–६० प्रतिशत विकृतावस्था या केवळ जलवाहीत रोगांमुळे निर्माण होतात". ही पाहणी केवळ भारतापुरतीच मर्यादित असल्याने फार महत्त्वाची आहे.

१९५१ साली विन्स्लोने WHO मार्फत प्रसिद्ध केलेली "भारतातील रोगांमुळे त्याच्या-वर पडणारे आर्थिक संकट" ही माहिती अतिशय बोलकी आहे. बातमी जुनी आहे पण बरंच काही सांगून जाते. सध्याच्या परिस्थितीत त्या बातमीचा उपयोग जसाच्या तसा करता येत नाही. ह्या पाहणीप्रमाणे "भारतातील आयुष्य मर्यादा सरासरी ३० वर्षे आहे. जन्मलेल्या १०० लोकांपैकी सुमारे ५४ लोक वयाच्या १५ वर्षांपर्यंत जगतात आणि देशाच्या आर्थिक उत्पादनात भाग घेऊ शकतात. या ५४ लोकांपैकी १५ लोक सोडले तर बाकीचे सर्व वयाची साठी गाठण्यापूर्वीच मरण पावतात अगर अपंग बनतात." * या पहाणीवरून रोगप्रतिबंधासाठी केवढी खबरदारी घ्यावयाला पाहिजे याची कल्पना येते.

[१] J. W. Mos'ey—Transmission of viruses, by the water route (G. Berg. Ed.) Willey—Interscience Publ., New York, 1958.

* Winslow, C. E. A.—WHO Monograph Series No. 7, 1951.

पौष्णिक द्रव्यांमुळे होणारे प्रदूषण :

मलजलाचे उपचारण केल्याशिवाय जर ते पाण्यात विसर्जित केले तर त्यातील विष्ठानिवासी जिवाणूंमार्फत संक्रामित होणाऱ्या निरनिराळ्या रोगांविषयीची माहिती आपण बघितली. या रोगांचा प्रतिबंध करावयाचा झाल्यास मल वा मलजल योग्यरीतीने उपचारित करून त्यातील रोगाणूचे व विष्ठानिवासी जिवाणूंचे निष्कासन करणे इष्ट ठरते. ही पद्धत प्रचलित असून बऱ्याच ठिकाणी वापरली जाते. भारतातील लहान व मोठ्या शहरात मिळून राहात असलेल्या एकूण ११ कोटी लोकसंख्येपैकी फारच थोडी म्हणजे $\frac{1}{3}$ किंवा ३ कोटी लोकसंख्या मलनलांचा वापर करते. याचा अर्थ मलोपचारण ही प्रक्रिया भारतात फारच थोड्या प्रमाणात वापरली जाते. उपचारण केल्याशिवाय मलविसर्जन करणे म्हणजे संक्रामक रोगाचे भक्ष्य बनणे होय. हा धोका टाळावयाचा झाल्यास मलोपचारण करून, मलोपचारण संयंत्रातून बाहेर पडणारे निस्राव क्लोरीनीकरणाच्या सहाय्याने रोगाणू निष्कासित करून पाण्यात विसर्जित करावे लागतात. पण—? हे सर्व केल्यानंतर तरी धोका संपूर्णतया टळतो कां?

बऱ्याच ठिकाणी असलेल्या मलोपचारण संयंत्राची पाहणी केल्यानंतर असे आढळून आले आहे की, अगदी अत्याधुनिक मलोपाचरण संयंत्रेही जलप्रदूषणाची समस्या संपूर्णपणे सोडवू शकत नाहीत. ही संयंत्रे जीवाणू-रोगाणूंचे निष्कासन करण्यात किंवा त्यांना निष्क्रिय बनविण्यात जरी यशस्वी होत असली तरी जीवाणू-रोगाणूंबरोबर अमोनिया (NH_3) नायट्राइटे (NO_2), नायट्रेटे (NO_3) इ. नायट्रोजनयुक्त द्रव्ये व फॉस्फेटे ($PO_4^{\equiv}$) यांच्यासारख्या मूलभूत पौष्णिक द्रव्यांचे निष्कासन करू शकत नाहीत. आश्चर्य म्हणजे नेमकी हीच पौष्णिक द्रव्ये पाण्यात विसर्जित झाल्यास प्रदूषण घडवून आणतात, जलाशयातील समृद्ध ‘जीवमाला’ क्षयी बनवून टाकतात आणि जलाशयातील जीवनाचा (पाण्याचा) ऱ्हास करत करत त्याला जीवन-विरहित-कोरडे बनवून टाकतात. पौष्णिक द्रव्यांमुळे झालेले हे प्रदूषण प्लवक फुलोऱ्यांना आणि इतर पाणवनस्पतींच्या बहरण्यास सहाय्यक ठरते. या प्लवक-फुलोऱ्यात नील-हरित शेवाळे असले तर पाण्याला एक प्रकारचा कुजट वास येऊ लागतो नि चव घेण्याची इच्छाच होत नाही. डायनो फ्लॅजिलेट नामक शेवाळे वाढले तर त्या शेवाळ्याच्या उपापचयनामुळे काही विषारी पदार्थ उपज पदार्थ म्हणून निर्माण होतात आणि मोठ्या प्रमाणावर मत्स्यनाश होतो. पाण्याच्या पृष्ठभागावर चेतनारहीत झालेले मासे तरंगू लागतात (छायाचित्र क्र. ३ पहा). पौष्णिक पदार्थांची मात्रा अधिक प्रमाणात विसर्जित झाली तर वॉटर हायसिंथ, वॉटर चेस्टनट, यासारख्या पाणवनस्पती (छायाचित्र क्रमांक ४ व ४-अ पहा) अतिशय मोठ्या प्रमाणावर वाढू लागतात आणि जलाशय सौंदर्यहीन करून टाकतात :

> “भारतातील महत्त्वाची सरोवरे व नद्यांचे वेगाने प्रदूषण होत असून त्यांच्या परिसरातील वातावरण व आर्थिक क्षेत्रावर त्यांचे दुष्परिणाम दिसू लागले आहेत. हजारो पर्यटकांचे आकर्षण केंद्र असलेल्या ‘दाल’ व ‘नागिन’ ह्या सरोवरांचे तळ पाणगवतांनी गच्च भरून गेले असून जलतरण, नौकानयन अथवा मासेमारीसाठी निरुपयोगी ठरू लागले आहेत. . . . . मणिपूर थामिन नावाचा हळूहळू नामशेष होत असलेला प्राणी जेथे सापडतो व हे सरोवरच ज्याचे नैसर्गिक स्थान आहे असे मणिपूरमधील ‘लोकटक’ सरोवर हायसिंथने भरून गेले आहे. घनदाट वाढलेल्या हायसिंथवरून कुणीही सहज

चालत जाऊ शकतो. .... पक्ष्यांचे आवडते ओरीसातील ' चिल्का ', राजस्थानमधील ' भरतपूर ' व ' रायगड ' ही सरोवरे देखील याच संकटात आहेत. .... उत्तर भारताचे वरदान गंगा व दक्षिण भारतातील कावेरी या नद्याही अशाच झपाट्याने प्रदूषित होत आहेत. "– – केसरी १ जून १९७६.

या वनस्पतींच्या बेसुमार वाढीने भावूक महाराष्ट्रीयांच्या हृदयात एक विशिष्ट स्थान निर्माण करून बसलेल्या थेऊरच्या अष्टविनायकांपैकी एका विनायकास साथ देणारी, ज्यांनी हैदरला हरवलं, निजामाला नमवलं आणि मराठेशाहीची विस्कटलेली घडी पुन्हा सावरण्याच्या खटाटोपात आपल्या जीवनाची आहुती अल्पवयात यज्ञसमर्पित केली त्या माधवराव पेशव्यांच्या लाडक्या रमाबाईच्या ' सतीच्या वृंदावनाला ' साथ करणारी नदी आतां पाहू म्हणता दिसतच नाही. तिचे स्फटिकवत् निर्मळ जल नष्ट झालं आहे. प्रसिद्ध लेखिका श्रीमती दुर्गाबाई भागवत यांनी याचे वर्णन " हिरवा क्षय " म्हणून मोठ्या यथार्थतेने केले आहे.

.... " जगालाच डोकेदुखी आणणारी एक अती विलोभनीय वनस्पती आहे. वॉटर हायसिंथ उर्फ जलकामिनी, मूळची म्हणे मेक्सिकोमधील. पाणथळात कुठेही ही वाढते. वांद्र्याचे तळे हिनेच भरून गेले आहे. ठिकठिकाणच्या पाणथळी हिने आता प्रांतोप्रांती भरून टाकल्या आहेत. .... मोठी सुंदर फुलदाणीच वाटते हे झाड, पण प्रदुषणाचे हे सुंदर रूप आहे. .... शिंगाडा, कचरा, कमळे वगैरे कुठलीच वनस्पती या पाण्यात राहू देत नाही. .... एवढी मोठी पद्मा नदी (पूर्व बंगाल) पण तीही याच झाडांनी भरली आहे. मासे गेले ; पाणपक्षी गेले, कमळे, शिंगाडे सारे काही गेले. प्रवाह थांबला, पाणी साचीव झाले, दूषित झाले ..... आपल्या ठाणे जिल्ह्यातली लहान लहान तळी कमळांनी, शिंगाड्यांनी भरलेली असायची. तिथे आता ही मायाविनी आपले बिऱ्हाड थाटून बसली आहे. .... रमाबाई सती गेल्या ..... सतीची समाधी नदीच्या घाटावर असायची तशीच आहे .... मात्र नदीचे पात्र या जलकामिनीच्या पानांनीच तुडूंब भरले आहे. पाणी टिपूसभर नाही, पक्षी नाहीत, सावलीचे वृक्ष नाहीत .... ही परदेशी पाहुणी मात्र बारमहा आपल्या पानाच्या सळसळीतून या हिरव्या क्षयाचे गाणे गात असते. " *.

बिचारी रमाबाई– पतीचे समृद्ध जीवन क्षयाने आटवले म्हणून वाहत्या समृद्ध जीवनाच्या नदीकिनारी सती गेली. अपेक्षा ?– वेडी अपेक्षा– हे तरी जीवन आपल्याला अतूट साथ देईल. पण छे ! शेवटी सोबत क्षयाची ! कधी राजयक्ष्मा या गोंडस नावाखाली तर कधी हिरवा क्षय या नावाखाली !

औद्योगिक अपशिष्टांमुळे होणारे प्रदूषण :

औद्योगिक अपशिष्टांमुळे होणारे प्रदूषण हा एकच विषय स्वतंत्र पुस्तक लिहिण्यास पुरेसा आहे. अर्थातच त्यामुळे भारतातील काही ठळक उदाहरणे देण्याव्यतिरिक्त या विषयावर इतर काही देणे या ठिकाणी अशक्य आहे. ही उदाहरणे औद्योगिक अपशिष्टांमुळे होणाऱ्या प्रदूषणाची गंभीरता पटवून देण्यास समर्थ ठरतील असा विश्वास वाटतो.

* थेऊरचा हिरवा क्षय– श्रीमती दुर्गा भागवत. महाराष्ट्र टाईम्स, ६ ऑक्टो. १९७४.

औद्योगिक अपशिष्टांमुळे तळी, सरोवरे, नद्या, सागर यांच्या पाण्याचेच केवळ प्रदूषण होते असे नव्हे तर पृथ्वीचा स्पर्श होण्यापूर्वीच पर्जन्यरूपातील पाणीही कधी कधी कारखान्यांच्या चिमण्यातून बाहेर पडणाऱ्या वायुमुळे प्रदूषित होते. या रासायनिक क्रिया सामान्य लोकांच्या लक्षात न आल्याने पूर्वी यालाच ईश्वरी प्रकोप समजण्यात येत असे. ८ सप्टेंबर ७४ ला महाराष्ट्र टाइम्समध्ये श्री. अशोक जैन यांनी लिहिलेल्या 'चेम्बूर की गॅस चेंबर?–प्रदूषणाचा भस्मासूर' या लेखात भारतात नुकतीच अनुभवाला आलेली प्रदूषणसमस्या खालीलप्रमाणे वर्णन केली आहे.—

"चेंबूरमध्ये पडणाऱ्या पावसाच्या थेंबात ॲसिडचे काही प्रमाण असल्याचे आढळून आले आहे . . . . जपानमध्ये ॲसिडमय पावसामुळे लोक भाजल्याची उदाहरणे आहेत."

तुर्भे येथील खत कारखाना, टाटा औष्णिक विद्युत केंद्र, कार्बाइड केमिकल्स, बर्मा शेल, हिंदुस्थान पेट्रोलियम, ल्युब इंडिया, कॅलीको, पॉलीकेम, बॉम्बे पेण्ट्स ॲण्ड वॉर्निश कं. व चेंबूरमधील नऊ कारखान्यातून रोज २०० टन सल्फर-डाय-ऑक्साईड हवेत सोडला जातो. या वायूचा पाण्याशी संपर्क आला म्हणजे सल्फ्युरिक अम्ल तयार होते व पर्जन्य अम्लमय बनतो.

अनादि काळापासून मासे आणि कासव हे मानवाचे फार जवळचे मित्र म्हणून गणले गेले आहेत. ज्या पाण्यात हे दोन प्राणी सुखाने कालक्रमणा करू शकतात ते पाणी निर्धोक असलेच पाहीजे असे समजले जाते. मानवाच्या वर्षानुवर्षांच्या अनुभवावरून, पाण्यातील घातुक पदार्थांचे अस्तित्व शोधण्यासाठी एरव्ही चैतन्याने सळसळणाऱ्या माशांना प्रायोगिक जीव बनवून 'जीव–परीक्षा' नावाची एक शास्त्रीय परीक्षण पद्धती विकसित करण्यात आली आहे. कित्येकवेळा औद्योगिक अपशिष्ट वा घातुक पदार्थ पाण्यात अनवधानामुळे वा निष्काळजीपणामुळे विसर्जित झाल्याने मोठ्या प्रमाणावर मत्स्यनाश घडून येतो व प्रदुषणाची गंभीर सूचना मिळते. उदाहरणादाखल खाली दिलेल्या काही घटनांवरून याची झटकन् खात्री पटू शकेल.

"दूषित पाणी नदीत गेल्याने नागरिकांच्या जीवास धोका, पनवेल दि. ११—पाताळगंगेत आसपासच्या कारखान्याचे दूषित पाणी सोडले जात असल्याने त्या भागातील जनतेच्या व गुरांच्या पिण्याच्या पाण्याची गैरसोय होत असून त्यांच्या जीवास धोका निर्माण झाला आहे. . . . . . या पाण्यामुळे नदीमधील मासे मरून पडतात."

—महाराष्ट्र-टाइम्स १२-१२-१९७२.

"लखनौला आधी कुठेतरी गोमती नदीचे पाणी, काही साखर कारखाने व आसवन्या यांच्यातून बाहेर टाकले जाणाऱ्या अपशिष्टांमुळे दूषित झाले . . . . नदीत आकस्मिक-रीत्या मत्स्यनाश झालेला आढळून आला असून राज्य सरकारच्या स्वास्थ्य विभागाने स्थानिक बाजारातून विक्रीस आलेल्या माशांची विक्री बंद करून त्यांची विल्हेवाट लावण्यासाठी आदेश दिले आहेत."

—नागपूर-टाइम्स २-७-१९७४.

A-600—9-

"ठाणे येथील कॅडबरीफ्राय कारखान्यातून बाहेर पडणाऱ्या अपशिष्टात विषारी द्रव्ये नव्हती पण खाडीत जाणाऱ्या पाण्यातील साखर, कोको वगैरे सेंद्रिय पदार्थांच्या अंशामुळे पाण्यातील सारा ऑक्सीजन शोषून घेतला जात असे व परिणामत: त्यातील मासे मृत्यूमुखी पडत असत."

—महाराष्ट्र-टाइम्स २०-११-१९७५.

(महाराष्ट्र राज्य जलप्रदूषण प्रतिबंधक मंडळाचे निर्देशक श्री. मा. वि. रोटकर यांची मुलाखत.)

जलाशयात झालेला मत्स्यनाश विषारी पदार्थांच्या अस्तित्वाची भयसूचना देऊन मानवाला त्या पाण्याचा वापर करण्यापासून परावृत्त करतो. पण कित्येकवेळा अशी भयसूचना मिळतही नाही. पाण्यात कितीतरी भयंकर पदार्थ आपले अस्तित्व दाखवू लागतात. कधी कधी त्या घातुक पदार्थांच्या अस्तित्वामुळे मासेच काय पण जनावरे आणि माणसेही बळी पडण्याचा संभव निर्माण होतो.

"स्टँडर्ड अल्कली या रासायनिक कारखान्यातून बाहेर सोडल्या जाणाऱ्या पाण्यात पाऱ्याचा अंश राहत असे तर, सेंच्युरी रेऑनमधून बाहेर पडणाऱ्या अपशिष्टात झिंक व लोह यांचा अंश राहत असे . . . . सध्या प्रक्रिया करून अपशिष्टे बाहेर टाकण्यात येत असल्याने दोन्हीही कारखान्यांपासून उद्‌भवणारा धोका टळला आहे."

—महाराष्ट्र-टाइम्स २०-११-१९७५.

"इंस्टिटयूट ऑफ सायन्स, मुंबई येथील संशोधकांच्या एका गटाला असे आढळून आले की, ठाणे आणि मुंबा खाडीजवळील पाण्यात सापडणाऱ्या 'ब्लॅक फिश' 'जिताडी' 'कॅटफिश' आणि 'खजुरी' या माशांच्या हाडात आणि उतकांमध्ये ५०० नॅनोग्रॅम्स प्रति ग्रॅम (१ नॅनोग्रॅम = १×१०^{-९} ग्रॅम) इतका पारा सापडला. हे प्रमाण आंतरराष्ट्रीय मानकांपेक्षा कितीतरी अधिक आहे."

—टाइम्स ऑफ इंडिया १७-९-१९७६.

"श्रीरामपूर, दि. ४ . . . . . चितळी येथील शासकीय आसवनीमधील स्पेंट वॉश . . . . गोदावरी नदीत सोडून देण्यात आल्यामुळे भामाठाणा ते प्रवरासंगम या २५ मैलांच्या टापूतील गोदावरी नदी काठच्या ५० गावांना गंभीर स्वरूपाचा धोका निर्माण झाला आहे. . . . . या पाण्यात पाय बुडविला तरी खाज सुटते. पाण्याला दुर्गंधी येते आहे. या दूषित पाण्यामुळे नदीकाठच्या अनेक खेड्यातील रहिवाशांमध्ये घसा सुजणे व खोकल्याची साथ पसरली आहे."

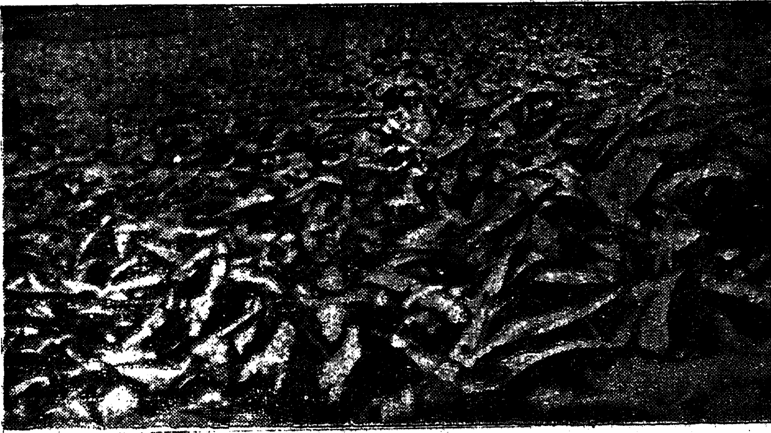
—महाराष्ट्र टाइम्स ५-३-१९७४.

"महाराष्ट्रातील जळगांव जिल्ह्यात तापी नदीच्या तीरावर असलेल्या कोठारे खेड्यातील ७ माणसे नदीचे संदूषित पाणी प्याल्यामुळे मृत्यूमुखी पडली तर जवळ जवळ ३६ माणसे रुग्णालयात दाखल झाली. . . . . सरकारी चौकशीअंती असे आढळून आले की, नदीतील पाणी कीटक नाशकांमुळे संदूषित झाले होते. नदीच्या पात्राजवळ असलेल्या शेतातून उगवणाऱ्या कलिंगडांवर कीटक नाशकांचा फवारा मारला होता."

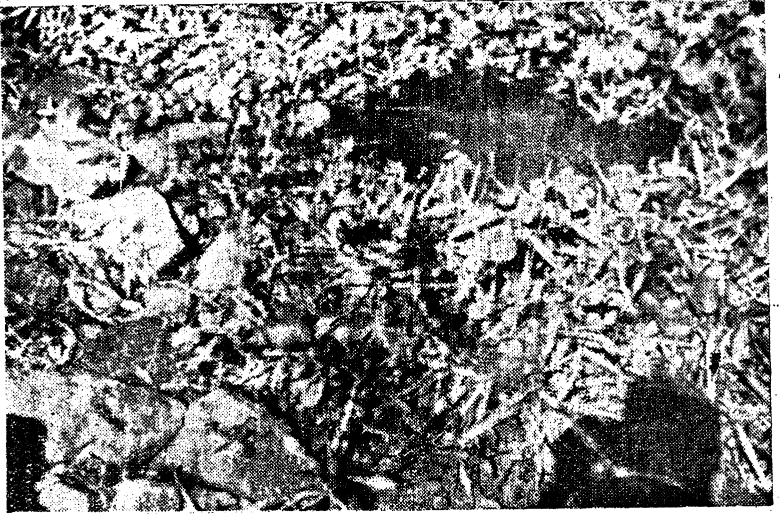
—महाराष्ट्र टाइम्स ३०-४-१९७३.

प्रदूषणामुळे भरमसाट प्रमाणात पाण्यात वाढलेल्या पाणवनस्पतींना पाहून किंवा पृष्ठभागावर तरंगणारी सुंदर सुंदर माशांची तरंगती प्रेते पाहून किंवा प्रदूषणामुळे झालेल्या प्राणीहत्त्येसंबंधीच्या वाचनाने मानव निश्चितच अन्तर्मूख होऊन विचार करू लागतो पण त्याहीपेक्षा जेव्हा वर्षानुवर्षे श्रद्धेने जपलेल्या काही मूल्यांना उद्ध्वस्त करून टाकणारी एखादी घटना घडते आणि त्या घटनेचे मूळ प्रदूषणात आहे अस समजून येत तेव्हा त्याचा राग पराकोटीला जातो. आणि त्या रागातूनच प्रदूषणविरोधी आघाडी निर्माण होते. भारतातही असेच जेव्हा घडले तेव्हाच भारतीयांनी एक आयोग नेमून त्यावर गंभीरपणे विचार करावयाला सुरुवात केली. ही अशी कोणती घटना घडली की ज्यामुळे भारतीय ढवळून निघाला ?

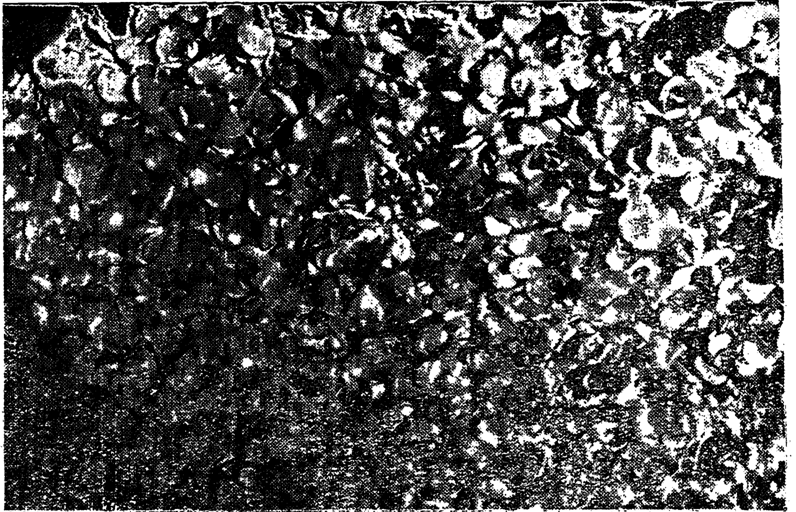
१९६७-६८ च्या दरम्यान एक दिवस देवस्त्रोतस्, परमपवित्र, पापनाशिनी गंगामाईच्या पाण्याने एकाएकी पेट घेतला. आयुष्याच्या शेवटच्या क्षणी होत असलेली आत्म्याची काहिली शांत करण्यासाठी म्हणून जिच्या पाण्यानं भरलेला घडा मोठ्या भावुकतेने देव्हाऱ्यात ठेवल्या जात होता त्या पाण्यानेच पेट घेतला होता. आता ते पाणी आग थांबवू शकणार नव्हते. त्या पाण्याची पापनाशक, मालिन्यप्रक्षालक शक्ती संपुष्टात आली होती. भावुक भारतीयाच्या श्रद्धेला जबरदस्त तडा गेला होता. त्याने मूक आक्रदन केले होते. कारणमिमांसा करण्याचा यत्न केला होता. त्या प्रयत्नांचे फलित म्हणून त्याला मिळालं ते मात्र एक साधं शास्त्रीय सत्य. 'बराउनीच्या तेल परिष्करण कारखान्यातून बाहेर पडणाऱ्या अपशिष्टांचा निचरा गंगेत झाल्याने त्या पाण्याने पेट घेतला!'



छायाचित्र क्रमांक ३ : विषारी पदार्थांच्या प्रदूषणामुळे झालेली मत्स्यहानी.



छायाचित्र क्रमांक ४ : पौष्णिक पदार्थांमुळे पाण्यात सुरू झालेली पाणवनस्पतींची वाढ



छायाचित्र क्रमांक ४-अ : पाण्याचे दर्शनही दुर्लभ

जल-उपचारण

निसर्गात सहजपणे उपलब्ध होणारे पाणी रासायनिक दृष्टीकोनातून बघितल्यास (H_2O) या रासायनिक सूत्राशी जुळणारे कधीच नसते. अंगी असलेल्या सर्वव्यापी विलायक गुणधर्मामुळे आपल्या दीर्घ प्रवासात संबंधात येणारे आसमंतातील कितीतरी पदार्थ पूर्णतया किंवा अंशतः पाणी आपल्या उदरात सामावून घेत असते. अर्थातच यामुळे त्याचे स्वरूप पुष्कळच बदलते. वास्तवात ते पाणी (H_2O) न राहता अनेक पदार्थांचे विलयन किंवा (H_2O+क्ष) म्हणून जीवनक्रम व्यतीत करू लागते. अशा या विलयनस्वरूपी पाण्यातच मनुष्यप्राणी व जनावरे सहेतुक किंवा अहेतुक आणखी काही अपद्रव्यांची भर घालून त्याला प्रदूषित करतात, अथवा विशिष्ट उपयोगाकरिता अयोग्य बनवितात. प्रदूषणाची सर्वसामान्य व्याख्या प्रकरण ८ मध्ये दिली आहे. त्यावरून थोड्याशा विचाराअन्ती एक गोष्ट लक्षात येते अन् ती म्हणजे प्रदूषणाचे स्वरूप व्यक्त करताना 'विशिष्ट उपयोगितेच्या' संदर्भातच ते व्यक्त करणे इष्ट असते. उदाहरण घेऊन सांगायचे म्हटले तर एकादे पाणी पिण्याच्या दृष्टिकोनातून प्रदूषित असले तरी स्नानाच्या, सिंचनाच्या दृष्टोने शुद्धतेच्या मर्यादेत पूर्णतः बसू शकते. (सारणी ५-४). या विशिष्ट गोष्टीमुळेच निरनिराळ्या उपयोगासाठी शुद्ध पाणी पुरवितांना जल-उपचारण प्रक्रिया बदलाव्या लागतात. कोणतीही एकच प्रक्रिया सर्ववेळी, सर्व कामांसाठी उपयोगी पडत नाही. विशिष्ट उपयोगाकरिता अनुपचारित पाण्याचे उपचारण करावयाचे असल्यास जी अपद्रव्ये निष्कासित करावयाची असतील त्यांच्या विशिष्ट गुणधर्मानुसार योग्य अशी प्रक्रिया प्रणाली वापरावी लागते. या साऱ्या प्रक्रिया सविस्तर रीतीने समजावून सांगणे, या पुस्तकाची व्याप्ती लक्षात घेता अशक्य आहे. एवढ्याचसाठी पिण्याच्या उपयोगाकरिता पाण्याचे करावे लागणारे उपचारण व त्यात अन्तर्भूत असलेल्या प्रक्रिया थोडक्यात (ही उपचारण प्रक्रियादेखील एक स्वतंत्र पुस्तकाचा विषय बनू शकते) समजावून सांगण्याचा येथे प्रयत्न करण्यात आला आहे. या व्यतिरिक्त निरनिराळ्या उपयोगांकरिता वापराव्या लागणाऱ्या उपचारण प्रक्रिया आकृति ९·३ व आकृती ९·२ मध्ये दाखविल्या आहेत.

१. निर्दोष पिण्याचे पाणी मिळविण्यासाठी करावे लागणारे जलोपचारण :

या पद्धतीतही वापराव्या लागणाऱ्या निरनिराळ्या प्रक्रियांची संख्या पाण्याच्या उद्गमावर अवलंबून असते. नदीचे पाणी वापरावयाचे असल्यास आकृती ९·२ मध्ये दाखविलेली सर्व एकके उपयोगात आणून संपूर्ण जलोपचारण करणे जरूर पडते. याच्या उलट तलावाचे (बंदिस्त) पाणी उपयोगात आणावयाचे झाल्यास केवळ निस्यंदन वा निस्यंदन आणि क्लोरिनीकरण किंवा फक्त क्लोरिनीकरण करूनही उपचारण पुरेसे होते. तलावात अवसादनकाल भरपूर मिळत असल्याने जवळजवळ सर्व अवस्थापन्नशील द्रव्ये स्वाभाविक रीतीने तळाशी जाऊन बसतात. त्यामुळे किलाटनाची गरजच उरत नाही. नदीच्या

बाबतीत मात्र पाण्याच्या प्रवाही गुणधर्मामुळे वाटेतील अनेक पदार्थ सतत पाण्यात मिसळत असतात. त्या पदार्थात सूक्ष्म जीवाणू, वनस्पतीजन्य जीवकोषिका आणि अवस्थापनशील व अनवस्थापनशील, सेंद्रिय आणि असेंद्रिय पदार्थ या सर्वांचा अन्तर्भाव होतो. या साऱ्या गोतावळयात सूक्ष्म जीवाणू, वनस्पतीजन्य जीवकोषिका आणि अनवसाद्य द्रव्ये यांचे निष्कासन करणे ही मोठी कामगिरी असते.

कलील गढूळपणा :—वर उलेखिलेली द्रव्ये सर्वसामान्यत: कलील (अतिसूक्ष्म आकाराची) व भारित असल्याने अनवसाद्य बनतात आणि पाण्यात निलंबित अवस्थेत राहून गढूळता उत्पन्न करतात. ही गढूळता कमीतकमी ३०-३५ एककापासून जास्तीत जास्त १,४०० एककापर्यंत (पूराचे वेळी) आढळून येते. गढूळ पाणी सौदर्य दृष्टीने व थोडयाफार प्रमाणात वैद्यकीय दृष्टीने अस्वीकार्य असते. जास्त गढूळ असलेले पाणी कांही कालापर्यंत अवसादन टाक्यात राहू दिले तर त्यातील अवस्थापनशिल भाग खाली बसून बरीचशी गढूळता निष्कासित होते. मात्र अनवस्थापनशील द्रव्यांमुळे तयार झालेल्या गढूळतेवर अवस्थापनकालाचा कोणताही परिणाम होत नाही. या कलील गढूळतेचे निष्कासन करण्यासाठी विशिष्ट प्रकारची रासायनिक द्रव्ये किलाटक म्हणून वापरावी लागतात.

कलील म्हणून ओळखले जाणारे द्रव्य अतिशय सूक्ष्म आकारमानांच्या कणांनी बनलेले असते. कणाचे आकारमान साधारणत: १ ते ५०० मिलीमायक्रॉन या मर्यादेत असते. या कणांचे पृष्ठीय क्षेत्र त्यांच्या वजनाच्या तुलनेत खूपच जास्त असल्यामुळे त्यांच्यामुळे तयार झालेले कलील द्रव्याचे 'अपस्करण' संथ पाण्यात चांगलेच स्थायी राहते. त्या निलंबनावर गुरुत्वाकर्षणाचा काहीही प्रभाव पडू शकत नाही. या कलील द्रव्याचे 'जलद्वेषी' व 'जलप्रेमी' अशा दोन विभागात वर्गीकरण करतात. जलप्रेमी कलीले ही त्यांच्यावर असलेल्या विद्युत् भारापेक्षा जलरेणूंशी असलेल्या आकर्षणामुळे स्थायी राहतात. (उदा. साबण, विलेय स्टार्च, इ.) तर जलद्वेषी कलीले ही त्यांच्यावर असलेल्या विद्यूत् भारामुळे स्थायी बनतात. (उदा. गढूळता) जल-उपचारणात या जलद्वेषी कलीलांचे निष्कासन करावयाचे असते.

गढूळता उत्पन्न करणारे मृत्तिका-कण हे मुख्यत्वेकरून ऋणभारित असतात. हे ऋण-भारित कण जेव्हा पाण्याच्या संयोगात येतात तेव्हा त्यांच्या कलील-गुणधर्मामुळे निलंबित अवस्थेत राहतात. त्यांच्यावर असलेल्या ऋणभारामुळे पाण्यामधील धनभारित आयन त्यांच्यावर अधिशोषित होऊन एकप्रकारचे सैलसर कवच निर्माण करतात व एकमेकांना एकत्र येण्यास परावृत करतात. कलीलीय कणांच्या पृष्ठभागावर अधिशोषित झालेल्या धनभारित आयनाच्या सैलसर कवचामुळे निर्माण झालेल्या 'प्रतिकर्षी बलाला' 'झीटा' पोटेन्शिअल' असे संबोधितात,. या बलामुळे निलंबन अनवस्थापनशील किंवा स्थायी बनते.

कोणत्याही दोन समान पदार्थात निसर्गत:च एकमेकाजवळ जाण्यासाठी एकप्रकारचे आकर्षण-बल उपस्थित असते. त्या आकर्षण-बलालाच व्हॅन डर् वॉलचे आकर्षण-बल म्हणून ओळखतात. कलीलीय कणांमध्ये वसत असलेल्या 'इतस्तत: फिरण्याच्या' गुणधर्मामुळे कण एकमेकांवर आदळले जातात व त्यातून या आकर्षण-बलाची शक्ती वाढते. परंतु ज्यावेळी 'प्रतिकर्षी बल' आकर्षण-बलापेक्षा' जास्त होते तेव्हा कलीलीय कण अनन्त काळा-पर्यंत निलंबित अवस्थेत राहतात.

अशावेळी स्थायी स्वरुपात असलेले कलीलीय निलंबन निष्कासित करण्यासाठी योग्य अशी किलाटके वापरून किलाटन उपचारण पद्धतीची कास धरली जाते. ही किलाटके प्रतिकर्षी बल शून्यप्रत नेऊन आकर्षण बल वाढवितात व निलंबनाचे अवस्थापन घडवून आणतात. आकृती ९-१ मध्ये कलीलांच्या आणि किलाटकाच्या 'कार्यप्रदर्शी' क्रियांचे आरेखन केले आहे.

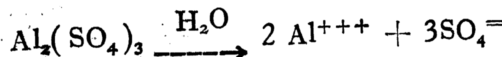
किलाटक व किलाटक सहाय्यक :—गढूळता निर्माण करणारी कलील द्रव्ये नेहमी ऋण-भारित असल्याने त्यांचे अवस्थापन करण्यासाठी त्यांच्यावरील ऋणभारांचे उदासिनीकरण करणारी व नंतर त्यांना एकत्रित करू शकणारी अशी रासायनिक द्रव्ये वापरावी लागतात. अशा प्रकारच्या द्रव्यांना किलाटक व या सर्व प्रक्रियेला किलाटन असे म्हणतात. ज्या द्रव पदार्थातील वा पाण्यातील गढूळता निष्कासित करावयाची असते त्या द्रव पदार्थाच्या वा पाण्याच्या पीएच मूल्याप्रमाणे निरनिराळी किलाटके उपयोगात आणतात. अल्यूमिनियम सल्फेट $Al_2(SO_4)_3$, $14H_2O$, फेरस सल्फेट $FeSO_4$, $7H_2O$ फेरीक सल्फेट $(Fe_2SO_4)_3$, सोडियम ॲल्युमिनेट $NaAlO_2$ फेरीक क्लोराइड $FeCl_3$ इ. असेंद्रिय किलाटक यशस्वी रीतीने उपयोगात आणले गेले आहेत. परंतु रूढ पद्धतीत अल्यूमिनियम सल्फेट हाच किलाटक सर्वसाधारणतः उपयोगात आणण्यात येतो. कधी कधी किलाटकांना सहाय्यक म्हणून बहू-विद्यूत-विश्लेष्यांचा उपयोगही केला जातो. या सहाय्यक पदार्थांना किलाटक-सहाय्यक असे म्हणतात.

किलाटकांचा उपयोग शास्त्रीय ज्ञानाबरोबर झपाट्याने वाढत असला तरी ही माहिती इ. स. पूर्वी २,००० वर्षांपासून भारतीय व चिनी लोकांना होती याबदल भक्कम पुरावा सापडतो. निर्मलीचे बी उगाळून किंवा कडू बदामाचे बी उगाळून तयार केलेले गंध यासाठी वापरीत असत असा उल्लेख 'सुश्रुतात' सापडतो.

किलाटन :—ही उपचारण प्रक्रिया मुख्यत्वेकरून पृष्ठजलासाठी वापरण्यात येते. या उपचारण प्रक्रियेमुळे :

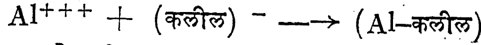
१. गढूळता : सेंद्रिय व असेंद्रिय दोन्ही तऱ्हेची गढूळता,
२. रंग,
३. विघातक जीवाणू, रोगाणू व काही प्रमाणात विषाणू,
४. शेवाळे व अन्य प्लवक जीवकोषिका,
५. चव व गंधोत्पादक द्रव्ये, आणि
६. शेवाळाच्या वाढीसाठी पौष्णिक द्रव्ये म्हणून उपयुक्त होणारी फॉस्फेटे यांचे पूर्ण वा आंशिक निष्कासन होण्यास मदत होते.

रासायनिक किलाटनामध्ये अन्तर्भूत असलेल्या अभिक्रिया अल्यूमिनियम सल्फेट व फेरीक सल्फेट या दोन्हीही किलाटकांबरोबर सारख्याच पद्धतीने घडतात. ॲल्युमिनियम सल्फेट पाण्यात टाकल्यानंतर विलीन होते व त्याचे खाली सूत्रात लिहिल्याप्रमाणे धनायन ऋणायन अशा दोन जातीत आयनीकरण होते.



$$Al_2(SO_4)_3 \xrightarrow{H_2O} 2\,Al^{+++} + 3SO_4^{=}$$

धनभारित ॲल्युमिनियम आयन पाण्याशी अभिक्रिया घडवून आणतो व परिणामत: $Al^{+++} + H_2O$ -- $Al(OH)^{++}$ किंवा $Al(OH)_3$ किंवा $Al(OH)_4^-$ अशी वेगवेगळी यौगिके करतो. ही धनभारित ॲल्युमिनियम हायड्रॉक्साइडची निरनिराळी यौगिके ऋणभारित कलील द्रव्यांशी संयोगित होऊन त्यावरील ऋणभारांचे उदासिनीकरण करतात. हायड्रॉक्साइड यौगिकांप्रभाणेच धनभारित ॲल्युमिनियम आयनही उदासिनीकरण घडवून आणतात.

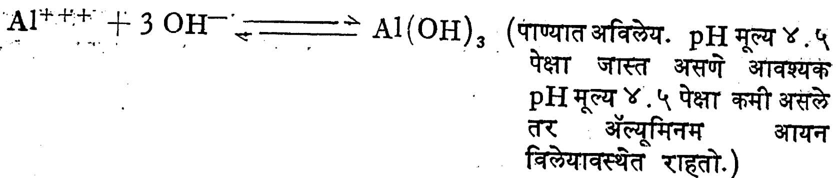


Al^{+++} + (कलील)$^-$ ⟶ (Al–कलील)

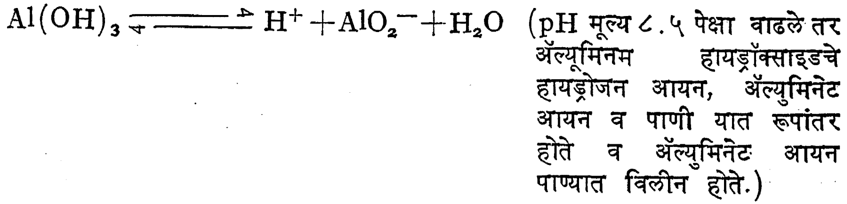
या उदासितीकरणामुळे कलील द्रव्यांमध्ये (कणांमध्ये) आकर्षण-बल वाढून ते एकमेकाजवळ येऊ लागतात व त्यांचे लहान लहान पुंजके दृश्यमान होऊ लागतात. या क्रिया किलाटके टाकून पाणी खूप जोरात ढवळले तर १-२ मिनिटातच घडून येतात. या अल्प कालावधिला 'दमक मिश्रण' असे म्हणतात. या ढवळण्याच्या क्रियेसाठी वापरात आणल्या जाणाऱ्या यंत्रास 'पुंजीकारक' असे म्हणतात हा पुंजीकारक यावेळी प्रति मिनिटात १०० भ्रमणे या गतीने फिरतो.

या दमक मिश्रण कालानंतर २० ते ३० मिनिटांचा 'अनुकूलन काल' ठेवला जातो या कालात पुंजीकारकाची गती जास्त न ठेवता ५ ते १० भ्रमणे प्रती मिनिट इतकी ठेविली जाते या कालावधीत ऋणभारित गढूळता उदासिनीकरणामुळे एकत्रित होऊन व ॲल्युमिन हायड्राक्साइडच्या पृष्ठभागावर अधिशोषित होऊन तुलनात्मक दृष्टीने वजनी बनते. (ही तुलना मूळ कलील कणांच्या वजनाशी केली आहे.) वजन वाढल्यामुळे यावर गुरुत्वाकर्षणांचा प्रभाव पडतो व ते पुंजके स्टोकच्या नियमाप्रमाणे तळाशी अवस्थापित होऊ लागतात.

वर वर्णन केलेल्या गोष्टी किलाटनाची प्राकृतिक बाजू समजावून देतात. ह्या सर्व क्रियात कोणत्या रासायनिक क्रिया घडून येतात व त्यामूळे pH मूल्य, अल्कता वगैरे अनुपचारित पाण्याच्या रासायनिक गुणधर्मात काय फरक पडतो याचा बोध नीटपणे होत नाही. खाली दिलेल्या रासायनिक सूत्रांवरून त्याची योग्य कल्पना येऊ शकेल. ॲल्यूमिनम सल्फेट पाण्यात टाकल्यानंतर त्याचे आयनीकरण होते. धनभारित ॲल्युमिनियम ऋणभारित हायड्राक्सील आयनाबरोबर अभिक्रिया घडवून आणते, व अत्यंत कमी प्रमाणात आयनीकरण होणारे $Al(OH)_3$ हे यौगिक तयार करते. या यौगिकात अधिशोषण शक्ती असते व त्यामुळे कलील द्रव्ये अधिशोषित होतात. या यौगिकाच्या परिमाणावर संपूर्ण किलाटनाचे यश अवलंबून असल्याने जास्तीत जास्त परिमाणात $Al(OH)_3$ तयार व्हावे यासाठी pH मूल्यावर व अल्कतेवर नियंत्रण ठेवणे जरूर असते. pH मूल्य ४.५ पेक्षा कमी असले किंवा ८.५ पेक्षा जास्त असले तर $Al(OH)_3$ चे पाण्यातील परिमाण कमी होते, व किलाटन त्याप्रमाणात कमी यशस्वी होते. यासाठी pH मूल्य ४.५ ते ८.५ विशेषत: ७ च्या जवळ ठेवण्यावर कटाक्ष ठेवावा लागतो. खाली दिलेले सूत्र हे विशेष स्पष्ट करू शकेल.

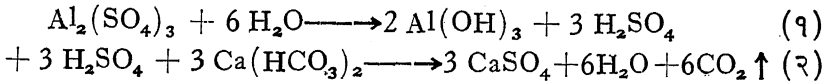


$Al^{+++} + 3\,OH^- \rightleftharpoons Al(OH)_3$ (पाण्यात अविलेय. pH मूल्य ४.५ पेक्षा जास्त असणे आवश्यक pH मूल्य ४.५ पेक्षा कमी असले तर ॲल्यूमिनम आयन विलेयावस्थेत राहतो.)

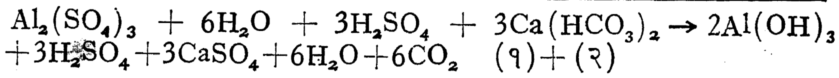


$Al(OH)_3 \rightleftharpoons H^+ + AlO_2^- + H_2O$ (pH मूल्य ८.५ पेक्षा वाढले तर अॅल्यूमिनम हायड्रॉक्साइडचे हायड्रोजन आयन, अॅल्युमिनेट आयन व पाणी यात रूपांतर होते व अॅल्युमिनेट आयन पाण्यात विलीन होते.)

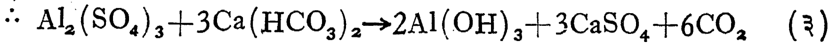
अल्यूमिनम सल्फेट व अल्कतेमधील संबंध खाली दिलेल्या सूत्रांवरून अधिक स्पष्ट होतील:—



$$Al_2(SO_4)_3 + 6\,H_2O \longrightarrow 2\,Al(OH)_3 + 3\,H_2SO_4 \quad (१)$$
$$+ 3\,H_2SO_4 + 3\,Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow 3\,CaSO_4 + 6H_2O + 6CO_2\uparrow \quad (२)$$



$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O + 3H_2SO_4 + 3Ca(HCO_3)_2 \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4 + 3CaSO_4 + 6H_2O + 6CO_2 \quad (१)+(२)$$



$$\therefore Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(HCO_3)_2 \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 6CO_2 \quad (३)$$

नेहमी वापरात येणारे अॅल्यूमिनियम सल्फेटचे $Al_2(SO_4)_3, 14H_2O$ असे रासायनिक संघटन असते. pH मूल्यात एकदम घट होऊ नये व जास्त परिमाणात $Al(OH)_3$ तयार व्हावे यासाठी अल्कतेच्या ठराविक परिमाणाची आवश्यकता असते. क्रमांक ३ वर लिहिलेल्या सूत्रावरून परिकलित केल्यास प्रत्येक १ मि. ग्रॅ./लिटर अॅल्यूमिनम सल्फेट मात्रेस ०.५ मि. ग्रॅ./लिटर कॅलशियम कार्बोनेटच्या स्वरूपात अभिव्यक्त केलेली अल्कतेची मात्रा आवश्यक असते असे दिसून येते.

सूत्र ३ मध्ये दिलेल्याप्रमाणे $Al_2(SO_4)_3, 14\,H_2O$ = ६०० ग्रॅ. रेणू वजन.
$3\,Ca(HCO_3)_2$ = ३०० ग्रॅ. रेणू वजन कॅलशियम कार्बोनेटचा स्वरूपात अभिव्यक्त केले.

∴ ६०० ग्रॅ. $Al_2(SO_4)_2$ = ३०० ग्रॅ. $Ca(HCO_3)_2$

म्हणजेच १ मि. ग्रॅ/लि $Al_2(SO_4)_3$ = ०.५ मि.ग्रॅ./लिटर $Ca(HCO_3)_2$ किंवा बायकार्बोनेट अल्कता.

या रासायनिक अभिक्रियेनंतर अवस्थापित होणारा 'अॅलम अवमल' वेळोवेळी काढून टाकण्यात येतो. किलाटन व अवस्थापन या दोन्हीही क्रिया आकृती ९-२ मध्ये दाखविल्या आहेत. 'निर्मूलन पुंजीकारक' मध्येच या दोन्हीही क्रिया पुऱ्या होतात.

निस्यंदन :—अवमलाच्या अवस्थापनानन्तर वर राहिलेले गढूळताविहिरीत अधिपृष्ट द्रव 'मंद-वालुका-निस्यंदकावर' सोडण्यात येते. निस्यंदनामुळे, राहिलेली थोडीशी गढूळता (२० मि. ग्रॅ./लि. खालील) निष्कासित होते. निस्यंदकातून बाहेर पडलेला स्राव वास्तविक पाहता स्वच्छ व पारदर्शक असतो, पण त्यातील जीवाणू, रोगाणू, विषाणू यांचे अस्तित्व पूर्णतः नाहीसे झालेले नसते. पाणी खऱ्या अर्थाने 'निर्धोक' बनलेले नसते.

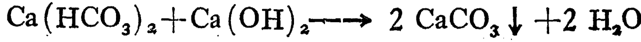
क्लोरिनीकरण :—निस्यंदकातून बाहेर पडलेल्या पाण्याचे क्लोरिनीकरण करण्यासाठी क्लोरिनची ‘क्लोरिन-मागणी’ पेक्षा अधिक मात्रा देण्यात येते. कालान्तराने, पुरवठा होत असलेल्या पाण्यात यदाकदाचित् रोगाणूंचा शिरकाव झालाच तर त्यांचा निरास करण्यासाठी ही अतिरिक्त क्लोरिन मात्रा उपयोगी पडावी हा त्यातील हेतू असतो. एवढ्याचसाठी पुरवठा क्षेत्राच्या शेवटच्या बिंदूपाशी ‘उपभोक्त्याच्या’ नळातील पाण्यात ०.२ मि. ग्रॅ./लि. एवढे ‘अवशिष्ट क्लोरिन’ आहे किंवा नाही हे बघण्याची खबरदारी घेतली जाते व त्या दृष्टीने क्लोरिनची मात्रा ‘संगणित’ केली जाते. क्लोरिन वायू पाण्यात सोडल्यानंतर $Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl$ अशी अभिक्रिया होते व HOCl हा उपजपदार्थ द्रव स्थितीत तयार झाल्यामुळे रोगाणूंच्या पेशीत सहजपणे प्रवेश करून पेशीच्या अन्तर्गत होणाऱ्या जीवरासायनिक अभिक्रिया प्रतिबंधित करून त्याचा नाश करतो. यशस्वी क्लोरिनीकरणासाठी pH मूल्य ७ ते ८.५ या मर्यादेत ठेवतात.

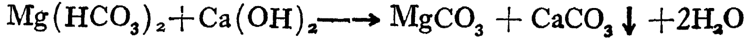
२. पाण्याचे सुफेनीकरण :

पाणी जेव्हा मातीच्या संपर्कात येते त्यावेळी मातीतील जीवाणूंच्या उपापचयनी क्रियेतील CO_2 हा उपजपदार्थ वातावरणातील CO_2 आणि इतर क्षार यांची पाण्याबरोबर अभिक्रिया होते. या अभिक्रियेमुळे पाण्याची संवाहकता वाढते, संवाहकतेबरोबर पुष्कळवेळा दुष्फेनताही निर्माण होते. विशेषत: कॅल्शियम, मॅग्नेशियम, स्ट्रॉन्शियम, लोह व मंगल यासारखे ‘द्विसंयोगी धनायन’ पाण्यात गेले तर दुष्फेनता निश्चितच निर्माण होते. ही दुष्फेनता, ‘अस्थायी दुष्फेनता’ व ‘स्थायी दुष्फेनता’ अशा दोन प्रकारची असते. अस्थायी दुष्फेनता ही प्रामुख्याने उपरोल्लेखीत धातूंच्या बायकार्बोनेटांमुळे निर्माण होते, तर स्थायी दुष्फेनता त्याच धातुंच्या क्लोराईड, सल्फेट, नायट्रेट, सिलिकेट या क्षारांमुळे तयार होते. हे सारे क्षार त्या त्या धातूंच्या कार्बोनेटी क्षारांच्या तुलनेने पाण्यात अधिक विलेय असल्यामुळे दुष्फेनता निष्कासनाची उपचारणपद्धती फारच सोपी होते. धात्विक बायकार्बोनेट, सल्फेट इ. क्षार धात्विक कार्बोनेटात रूपांतरित करणे म्हणजेच सुफेनिकरण करणे असे म्हटले तर चुकीचे होणार नाही. याला अपवाद फक्त मॅग्नेशियम या धातूचा. मॅग्नेशियम धातूचा मॅग्नेशियम हायड्रॉक्साईड हाच क्षार फक्त अविलेय असतो. त्यामुळे मॅग्नेशियम धातूच्या पाण्यात उपस्थित असलेल्या क्षारांचे रूपान्तर मॅग्नेशियम हायड्रॉक्साइडमध्ये करावे लागते, कारण मॅग्नेशियम कार्बोनेट हा क्षार पाण्यात विलेय असतो.

बायकार्बोनेटांमुळे निर्माण झालेली अस्थायी दुष्फेनता निष्कासित करताना कॅलशियम ऑक्साइड वा कॅलशियम हायड्रॉक्साइडचा (चुना वा चुन्याची निवळी) उपयोग करतात. pH ९.० या मूल्याजवळ कॅलशियम व मॅग्नेशियम बायकार्बोनेटचे कॅलशियम व मॅग्नेशियम कार्बोनेटमध्ये रूपान्तर होते. या दोन कार्बोनेटांपैकी कॅलशियम कार्बोनेट पाण्यात अविलेय असते तर मॅग्नेशियम कार्बोनेट विलेय असते. म्हणजेच कॅलशियम या धात्विक आयनाचे निष्कासन झाले तरी मॅग्नेशियम आयनाचे होत नाही. दुष्फेनता निर्माण करण्यात दोन्हीही धात्विक आयनांचा सारखाच वाटा असल्याने त्या दोहोंचेही निष्कासन होणे अत्यावश्यक आहे. मॅग्नेशियम कार्बोनेटचे एवढ्याचसाठी, मॅग्नेशियम हायड्रॉक्साइडमध्ये रूपान्तर करावे लागते. याच्यासाठी pH मूल्य चुन्याच्या साहाय्याने १० च्या वर नेतात. कॅलशियम कार्बोनेट व मॅग्नेशियम हायड्रॉक्साइड हे दोन्हीही क्षार अविलेय असल्यामुळे पाण्यात अवक्षेपित होतात. कॅलशियम, मॅग्नेशियम या धात्विक आयनांची अनुपस्थिती असलेले

अधिपृष्ठ द्रव सुफेन असते. या दोन आयनांचे अधिक प्रमाणात निष्कासन करावयाचे झाल्यास उष्णतामान वाढविण्यात येते कारण उष्णतामानातील वाढीबरोबर विलेयता कमी कमी होत जाते. येथपर्यंत चर्चिलेल्या रासायनिक अभिक्रिया सूत्ररूपाने पुढीलप्रमाणे लिहिता येतील:—

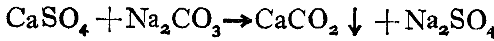

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2\ CaCO_3 \downarrow + 2\ H_2O$$

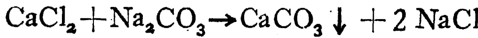

$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow MgCO_3 + CaCO_3 \downarrow + 2H_2O$$

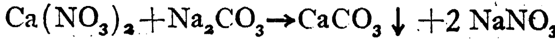

$$MgCO_3 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2 \downarrow + CaCO_3 \downarrow$$

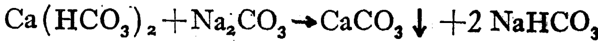
मॅग्नेशियम बायकार्बोनेटचे मॅग्नेशियम हायड्रॉक्साइडमध्ये रूपान्तर करण्यास कॅलशियम हायड्रॉक्साइड १ : २ या प्रमाणात वापरावे लागते.

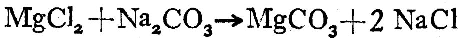
स्थायी दुष्फेनता ही $Cl,^{=}$ NO_3^{-}, $SO_4^{=}$ या ऋणायनामुळे येत असल्याने पाण्यात कार्बोनेट आयनाचा शिरकाव करून द्यावा लागतो. मात्र तो करण्यासाठी अशा रासायनिक द्रव्याचा उपयोग करावा लागतो की, ज्यामुळे रासायनिक अभिक्रियेमुळे निर्माण होणाऱ्या उपज पदार्थात कॅलशियम कार्बोनेट व मॅग्नेशियम हायड्रॉक्साइड व्यतिरिक्त निर्माण होणारे पदार्थ दुष्फेनतेत भर घालणार नाहीत. एवढ्यासाठी सोडीयम कार्बोनेट या पाण्यात अतिविलेय असलेल्या व दुष्फेनकारक नसलेल्या पदार्थाचा वापर करतात. याच्यामुळे होणाऱ्या अभिक्रिया पुढीलप्रमाणे :—

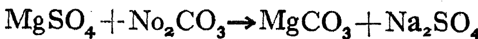

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_2 \downarrow + Na_2SO_4$$

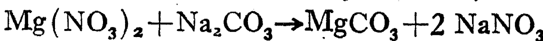

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + 2\ NaCl$$


$$Ca(NO_3)_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + 2\ NaNO_3$$


$$Ca(HCO_3)_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + 2\ NaHCO_3$$


$$MgCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow MgCO_3 + 2\ NaCl$$

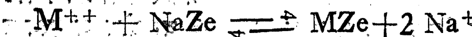

$$MgSO_4 + No_2CO_3 \rightarrow MgCO_3 + Na_2SO_4$$


$$Mg(NO_3)_2 + Na_2CO_3 \rightarrow MgCO_3 + 2\ NaNO_3$$


$$MgCO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow Mg(OH)_2 \downarrow + CaCO_3 \downarrow$$

मॅग्नेशियममुळे निर्माण होणारी स्थायी दुष्फेनता निष्काषित करण्यासाठी सोडीयम कार्बोनेट व कॅलशियम हायड्रॉक्साइड ही दोन्हीही रासायनिक द्रव्ये वापरावी लागतात.

दुष्फेनतेचे संपूर्ण निष्कासन करावयाचे असल्यास (बाष्पीत्रांसाठी वापराव्या लागणाऱ्या पाण्यात दुष्फेनतेचे प्रमाण जवळजवळ शून्य असावे लागते) झिओलाइट किंवा 'आयन विनिमय' पद्धतीचा अवलंब करतात.


$$M^{++} + NaZe \rightleftharpoons MZe + 2\ Na^{+}$$

येथे M^{++} हा द्विसंयोगी धात्विक आयन (Ca^{++}, Mg^{++}, Sr^{++} etc.) आहे तर NaZe सोडीयम झिओलाईटचा दर्शक आहे. आयन विनिमयाच्या तत्त्वाप्रमाणे बायकार्बोनेट, सल्फेट, नायट्रेट इ. ऋनायनांची सोडीयमबरोबर व झिओलाइटची

धात्विक धनायनाबरोबर यौगिके तयार होतात (यालाच आयन विनिमय म्हणतात) व सोडीयमचे क्षार पाण्यात विलीन होऊन निस्रावाबरोबर बाहेर पडतात. सोडीयम क्षार दुष्फेनता जनक नसल्याने पाणी सुफेन स्वरूपात मिळते.

सुफेनीकरण ही उपचारण प्रक्रिया खर्चिक असल्याने मोठ्या प्रमाणावर वापरत नाहीत. औद्योगिक संयंत्रांसाठी याचा विशेषकरून उपयोग करतात.

३. फ्लोराइड निष्कासन :

भारतात बऱ्याच ठिकाणी फ्लोराइडयुक्त भूजल सापडते व ते फ्लोराइडचे प्रमाण स्वीकार्य प्रमाणाच्या पेक्षा कितीतरी अधिक आहे. अतिशयित प्रमाणातील फ्लोराइडमुळे प्रकृतीवर निश्चितपणे अपायकारक परिणाम होत असल्यामुळे, गिंडी इंजीनिअरींग कॉलेज, चंडीगड मेडिकल कॉलेज, NEERI येथील लोकांनी त्याच्या निष्कासनासाठी विशेष संशोधन केले आहे. आयन विनिमयाच्या तत्त्रावर आधारलेली फ्लोराइड निष्कासक रेझिन्स गिंडी व NEERI येथील शास्त्रज्ञांनी तयार केली आहेत. या रेझिन्समधून पाणी निस्यंदित केल्यास फ्लोराइडचे निष्कासन होते.

४. औद्योगिक अपशिष्टे अगर मलजल पाण्यात निस्सारित झाल्यामुळे होणाऱ्या प्रदूषण-कारक घटकांचे निष्कासन :

मलजलावर उपचारण केल्याशिवाय ते निस्सारित करण्याची पद्धत फार जुनी असून अजूनही बऱ्याच ठिकाणी नि:संकोचपणे वापरली जाते. यामुळे होणारे प्रदूषण हे गंभीर स्वरूपाचे असून त्यामुळे अनेक रोगांच्या साथींचा फैलाव होतो. १९५६ साली दिल्ली येथील पसरलेली दूषित काविळीची साथ अशाच तऱ्हेच्या प्रदूषणामुळे फैलावली होती. मल-जलाबरोबर सेंद्रिय यौगिके व जीवाणू यांचा पाण्यात शिरकाव होतो. पाण्यासाठी नेहमी वापरण्यात येत असलेल्या संपूर्ण उपचारण पद्धतीने जीवाणूंचे निष्कासन होण्यासारखे असले तरी इतर सेंद्रिय पदार्थांचे संपूर्ण निष्कासन होतेच असे नाही.

मलजलातील सेंद्रिय द्रव्यांप्रमाणेच औद्योगिक अपशिष्टांबरोबर बाहेर पडणारी सेंद्रिय असेंद्रिय-द्रव्ये तसेच प्रकृतीला अपायकारक ठरणारी अर्सेनिक, सायनाइड यांच्यासारखी घातुक द्रव्ये यांचेही संपूर्ण निष्कासन करण्याची आत्यंतिक गरज असते. परिणामकरकातेत भयानक नसली तरी पाण्याचा उपयोग करण्याच्या बाबतीत मनास प्रसन्नता न आणणारी चव आणि वास उत्पन्न करणारी घटकद्रव्ये व रंग यांचे निष्कासन करणे ही देखील बऱ्याच वेळेस समस्या बनते. या साऱ्या गोष्टींचे किंवा यापैकी कोणत्याही एका गोष्टीचे निष्कासन करण्यासाठी स्वतंत्र व सुयोग्य अशा प्रक्रियेचा उपयोग करावा लागतो. या निरनिराळ्या प्रक्रियांची साधी ओळख करून घ्यावयाची म्हटले तरी अनेक प्रकरणांचा प्रपंच थाटावा लागेल. पुस्तकांचे आकारमान लक्षात घेऊन आ. ९-२ व आ. ९-३ या दोन आकृत्यात सू .रूपाने बहुतेक प्रक्रियांची माहिती करून देण्याचा प्रयत्न केला आहे. तसेच सारणी ९-१ मध्ये निरनिराळ्या औद्योगिक प्रक्रियांसाठी लागणाऱ्या पाण्याची गुणवत्तानिदर्शक निर्धारित मानकेही दिली आहेत.

लहान प्रमाणातील लोकसंख्येसाठी पाणीपुरवठा :

सर्वसाधारणपणे असा पाणीपुरवठा विहिरीतून केला जातो. विहिरीचे पाणी मुळातच निस्यंदित असल्याने त्यावर क्लोरिनीकरणाव्यतिरिक्त इतर कुठल्याही उपचाराची जरुरी लागत नाही. परंतु विहिरीचे क्लोरिनीकरण ही देखील एक समस्याच आहे. क्लोरिनीकरणाच्या अनेकविध पद्धती ज्ञात आहेत. परंतु त्या सर्वांमध्ये बलोरियातील क्लोरिनीकरणाच्या पद्धतीवर आधारलेली व नीरी (NEERI) या राष्ट्रीय प्रयोगशाळेने अधिक विकसित केलेली 'एक-घट' व 'द्वि-घट' क्लोरिनीकरण पद्धती अधिक उपयुक्त व फायदेशीर आहे.

एकघट पद्धती :

या पद्धतीत ७ ते १० लि. धारणाशक्ती असलेले एक मडके घेऊन त्याच्या तळाशी ०.६ से.मी. व्यासाची ६ ते ८ छिद्रे पाडण्यात येतात. छिद्रांना झाकण्यासाठी म्हणून २ ते ४ से.मी. आकाराचे दगड त्यावर ठेवण्यात येतात. दगडावरून लहान आकारांच्या खडीचा एक थर देऊन त्यावर १.५ कि. ग्रॅ. ब्लीचिंग पावडर आणि ३ कि. ग्रॅ. वाळू यांचे मिश्रण पसरविण्यात येते. हे मिश्रण व मडक्याचे तोंड यामध्ये राहिलेली रिकामी जागा लहान आकाराची खडी अगर लहान दगड यांनी भरून टाकली जाते. यात ब्लीचिंग पावडरच्या परिमाणाच्या ५ प्रतिशत सोडियम हेक्झॅमेटॅफॉस्फेट घातले तर क्लोरिनीकरणाचा कार्यकाल वाढतो. अशा रीतीने भरलेले मडके कोणत्याही तऱ्हेचे आच्छादन तोंडावर न टाकता दोरीच्या सहाय्याने विहिरीत निलंबित अवस्थेत ठेवण्यात येते. या पद्धतीत ०.२ ते १.० मि.ग्रॅ. प्रति लि. इतके क्लोरिनीकरण होऊ शकते. मात्र त्यासाठी विहिरीची धारणक्षमता ९,००० ते १३,००० लि. इतकी असून रोजचा उपसा ९०० ते १,३०० लि. इतका असावा लागतो.

द्विघटक पद्धती :

जर विहिरीची धारणक्षमता ४,००० लि. अगर त्याहून कमी असेल व उपसा ३६० ते ४५० लि. प्रति दिन एवढाच असेल तर एक-घट पद्धतीने क्लोरिनीकरण वाजवीपेक्षा जास्त प्रमाणात होते. असे होऊ नये म्हणून एकात एक बसणारी दोन दण्डगोलाकृती मडकी वापरण्यात येतात व त्यालाच द्वि-घट पद्धती असे म्हणतात.

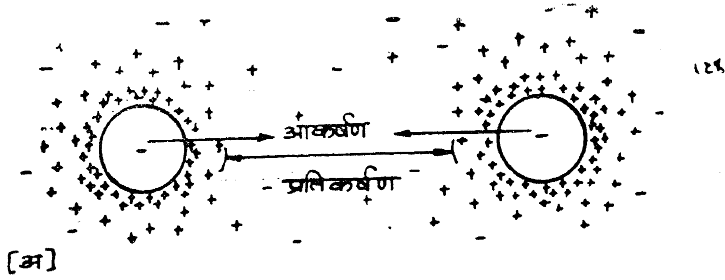
यातील आतील मडके १ कि. ग्रॅ. ब्लीचिंग पावडर व २ कि. ग्रॅ. जाड वाळू याच्या मिश्रणाने भरलेले असते. हे मिश्रण त्या मडक्यास असलेल्या छिद्राच्या पातळीच्या थोडया खालच्या पातळीपर्यंत भरतात. बाहेरच्या मडक्याचे तोंड पॉलिथिलिनने बांधून, दोन्ही मडकी मिळून झालेले 'एकक' दोराच्या सहाय्याने पाण्याच्या पृष्टभागाच्या खाली एक मीटर अंतरापर्यंत बुडवून ठेवतात. या पद्धतीत अवशिष्ट क्लोरिन साधारणपणे ०.१५ ते ०.५ मि. ग्रॅ. प्रति लि. इतक्या मात्रेत २ ते ३ आठवडेपर्यंत मिळू शकतो.

: सारणी ९.१ : विविध उद्योगांना लागणाऱ्या

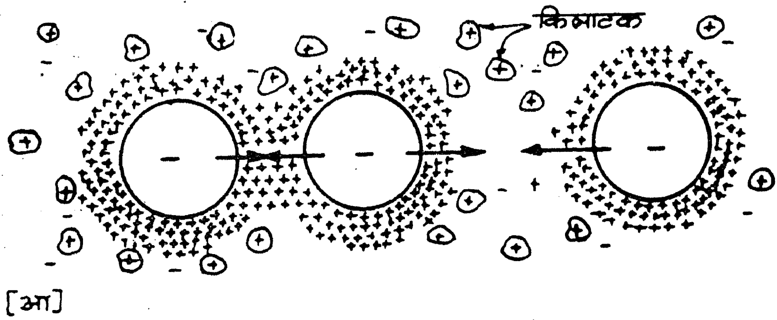
उद्योग	रंग	गढूळता	अल्कता mg/l $CaCO_3$	दुष्फेनता mg/l $CaCO_3$	कॅलशियम Ca^{++}	मॅग्नेशियम Mg^{++}
कागद व लगदा	२०	५०	..	२००	..	..
कापड { १. सर्वसाधारण	२०	५	..	५०	..	..
कापड { २. ब्लिचिंग व रंगकाम.	५	५	..	५०	..	..
रेयॉन	५	१	७५	५	..	..
कातडी कमाविणे	२५	२०	१५०	४००	...	...
बर्फ तयार करणे	५	५	१००	६००	..	१२५
"भर्जन" (Baking)	२०	१०	..	ब्रेड : अधिक केक : < ३०	अधिक	कमी
साखर निर्मिती	..	..	..	..	..	..
आसुति (Brewing)	...	..	७५-१५०	..	१००-२००	..
डबाबंदी	..	१०	५०	७५	..	..
कार्बोनेटी पेये	१०	२	५०	२५०	..	..
प्रशीतन	..	५०	..	५०	..	..
धुलाई केंद्रे	..	..	..	५०	..	..

पाण्याची स्वीकारार्ह गुणवत्ता.

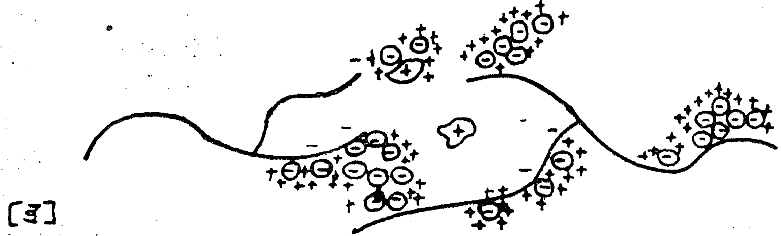
लोह Fe.	मंगल Mn.	क्लोराईड Cl.	सल्फेट SO_4	एकूण घनद्रव्ये	pH	जीवाणू-विषयक	मानक संदर्भ
१.०	०.५	..	..	५००	..	..	IS : २७२४ १९६४
०.२५	०.१	..	..	..	६-८.५	..	IS : २०१
०.२५	०.१	..	..	..	६-८.५	..	१९६४
०.०५	०.०३	..	..	२००	..	..	IS : २७२५ १९६४
दोन्ही मिळून १.०		..	..	..	६.५-८.०	..	IS : ४२२१ १९६७
०.३	०.२	२५०	२००	१०००	६.५-९.५	कोलीफॉर्म MPN:<१ प्लेट काउंट १००	IS : ३९५७ १९६६
०.२	०.२	२५०	२००	१०००	६.५-९.२	कोलीफॉर्म MPN:<१ प्लेट काउंट ५०	IS : ४२५१ १९६७
०.२	..	..	..	८५००	..	..	IS : ४२५१ १९६७
..	०.१	१६५	..	५००	६.५-७.०	कोलीफॉर्म MPN=O प्लेट काउंट १००	IS : ४७०० १९६८
०.२	..	..	..	..	..	„	IS : ४२५१ १९६७
दोन्ही मिळून ०.३		..	..	८५०	..	..	अमेरिकन वॉटर वर्क्स असो. पुस्तिका १९५०
दोन्ही मिळून ०.५		..	..	..	..	..	„
दोन्ही मिळून ०.२		..	..	..	..	..	„



[अ]



[आ]



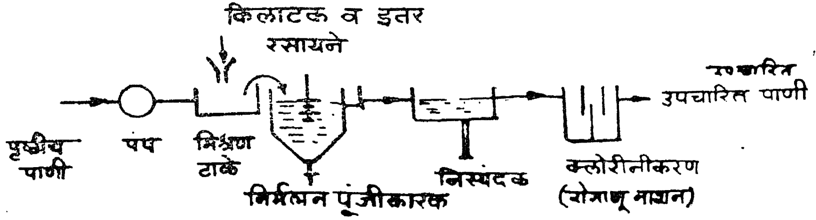
[इ]

आकृती ९.१ : कलीले आणि किलाटक यांच्यामधील कार्यप्रदर्शी अभिक्रिया.

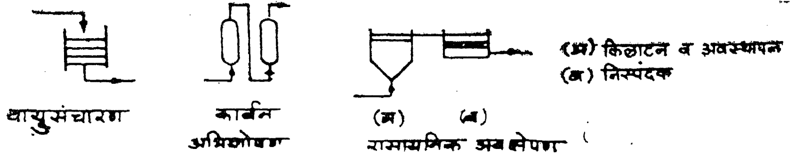
(अ) जलद्वेषी कलील-निलंबनामधील (स्थिर) कलीलांवर प्रभाव पाडणारे आकर्षण व प्रतिकर्षण बल.

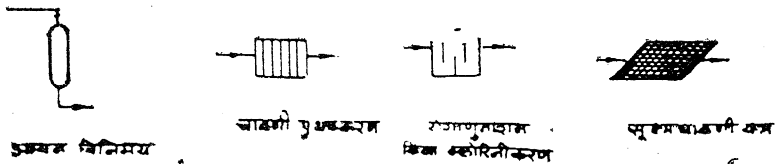
(आ) रासायनिक किलाटकांमुळे स्थिर निलंबनाचे होत असलेले अस्थिरीकरण.

(इ) धात्विक क्षार व बहुविद्युत् विश्लेषी सहाय्यक यांच्यामुळे होणारे किलाटन.



आकृती ९.२ : जलोपचारणाची रूढ पद्धती

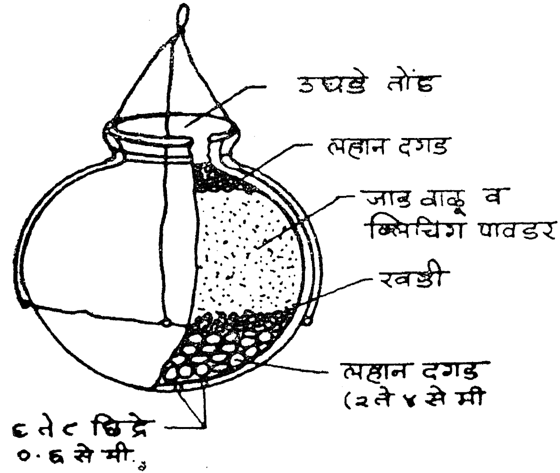


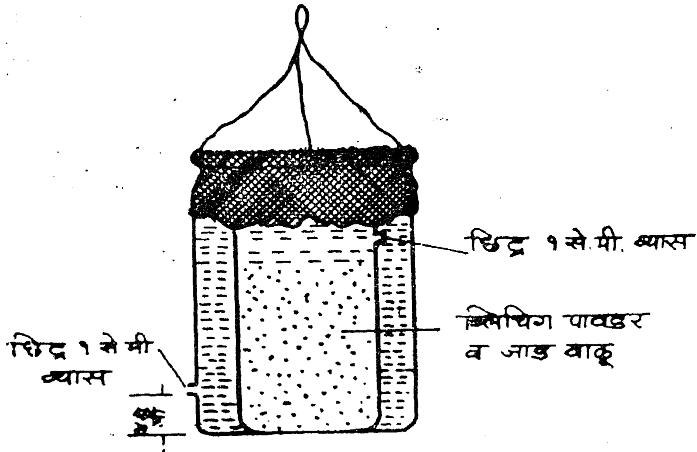


आकृती ९.३ : पाण्याच्या विविध उपचारण-पद्धती

(L. G. Rich यांच्या Environmental System Engineering या पुस्तकामधून.)

A-600—10.





आकृती ९.४: विहिरींचे क्लोरिनीकरण

पाण्याची कमतरता नष्ट करण्यासाठी वापरण्यात येणाऱ्या संकीर्ण उपचारणपद्धती व काही अभिनव प्रकल्प :

निर्धारित मानकाबरहुकूम गुणवता प्राप्त करून देण्यासाठी वापरण्यात येणाऱ्या सर्वसाधारण उपचारणपद्धती आपण आतापर्यंत बघितल्या. पण या सर्व उपचारणपद्धती पाण्याची मुबलकता असताना ठीक. ज्यावेळी पाणी व वापरण्यायोग्य पाण्याचे परिमाण हीच समस्या होऊन बसते त्यावेळी यांच्यापेक्षा सर्वस्वी निराळ्या उपचारणपद्धतीचा वापर करणे भाग पडते. प्रकरण १ मध्ये लिहिल्याप्रमाणे जगाला भेडसावणारी समस्या ही एकूण परिमाणाच्या दृष्टिकोनातून बघितल्यास बिलकूल नाही. समस्या निर्माण होते ती पाण्याच्या भौगोलिक-दृष्ट्या होणाऱ्या असमान वाटपामुळे. यातून सुटका करून घेण्यासाठी जे कोणते पाणी उपलब्ध असेल त्याचे उपचारण करून त्याचा वापर करावयाचा किंवा भूगर्भांतर्गत पाण्याचा शोध करावयाचा या दोनच गोष्टी सहाय्याला येऊ शकतात. या दृष्टीने विचार केल्यास खालील गोष्टींची माहिती करून घ्यावी लागेल :—

(१) भूगर्भांतर्गत पाण्याचा भूजलाचा शोध.

(२) अतिशयित क्षारयुक्त पाण्याचे-समुद्रजलाचे-अपक्षारिकरण :—
(अ) आयन-विनिमय, (आ) सौरजल.

(३) बंद-चक्र-उपागम :—पाण्याचा पुनर्वापर.

पुस्तकाची व्याप्ती लक्षात घेता या तिन्हीही गोष्टींची सखोल चर्चा करणे केवळ अशक्य आहे. तरीदेखील त्यांची थोडक्यात ओळख करून देण्याचा यत्न येथे केला आहे.

भूगर्भांतर्गत पाण्याचा/भूजलाचा शोध :

दर वर्षाला पाण्याच्या बाबतीत जगाच्या संदर्भात ५ प्रतिशत इतक्या प्रमाणात मागणी वाढतच आहे. दर वर्षी २ प्रतिशतत्तेने वाढणाऱ्या जागतिक लोकसंख्येच्या दृष्टिकोनातून या पाण्याच्या वाढत्या मागणीचा विचार केला असता एक गोष्ट स्पष्ट होते की ही वाढती मागणी केवळ लोकसंख्येतील वाढीवर अवलंबून नसून सुबत्ता, वाढते नागरीकरण आणि औद्योगिक भरभराट या गोष्टीही या वाढीला कारणीभूत आहेत.

जगातील एकूण पाण्याच्या परिमाणाचा अर्धा हिस्सा कॅनडा व रशियात सापडतो. आणि असे असूनही रशियातला काही भाग वैराण-निर्जल आहे. रशियातील एका महत्त्वा-कांक्षी योजनेप्रमाणे सैबेरियातील सर्व नद्या क्रिमच्या दिशेकडे वळविण्याचा प्रयत्न करण्यात येणार आहे. भारतामध्येही सर्व नद्या कालव्यांच्या सहाय्याने एकमेकांना जोडून देश ‘सुजलाम्’ करण्याची दस्तुर योजना सध्या सरकारच्या विचाराधीन आहे.

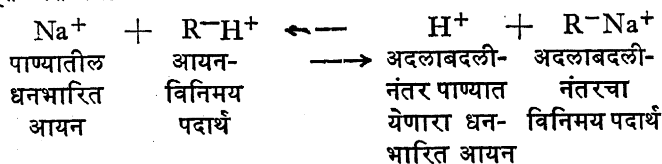
पाण्याचे संधारण करणाऱ्या शास्त्रज्ञांनी बरेच उपाय सुचविले आहेत. त्यामध्ये उत्तरध्रुवावरील हिमनग वाहून नेणे, पाण्याच्या सुकाळ असलेल्या प्रदेशातून दुष्काळी भागात पाण्याची निर्यात करणे, कृत्रिम ढगांची निर्मिती करणे, हुकमी पाऊस पाडणे इ. योजना यात अंतर्भूत आहेत.

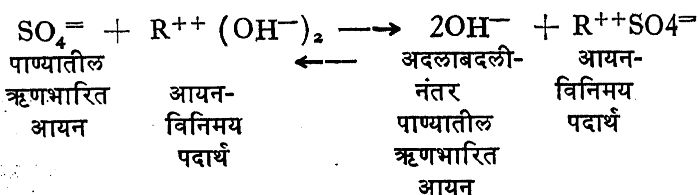
परंतु या सर्वांत उत्तम योजना म्हणजे भूपृष्टात खोलवर दडलेल्या पाण्याचा शोध घेणे हीच होय. शास्त्रज्ञांच्या संशोधनाप्रमाणे भूगर्भात खोलवर दडलेल्या एकूण पाण्याचे परिमाण ४,०००,००० घनकिलोमीटर (१ घन किलीमीटर म्हणजे २६५ $\times$ १०९ गॅलन) इतके अजस्त्र आहे. फक्त हे पाणी जमिनीच्या खाली ८०० मीटर खोलवर आहे. दुर्दैव हेच की आज ज्ञात असलेल्या तंत्रज्ञानाला किफायतशीरपणे हे पाणी उपलब्ध करून देणे जमत नाही.

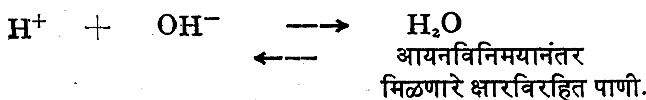
अपक्षारीकरण :

बऱ्याच ठिकाणी उपलब्ध असलेले भूजल अतिशयित क्षारयुक्त असल्यामुळे पिण्याच्या दृष्टिकोनातून अनुपयुक्त ठरते. तसेच उदंड प्रमाणात सापडणाऱ्या समुद्रजलाचेही आहे. हे अतिशयित क्षारयुक्त पाणी विशिष्ट उपचारण पद्धतींच्या सहाय्याने क्षारविरहित बनवून वापरता येते. या उपचारण पद्धतींपैकी महत्त्वाच्या समजल्या जाणाऱ्या दोन पद्धतींची माहिती थोडक्यात खाली दिली आहे :—

(१) **आयन विनिमय पद्धती.**—अपक्षारीकरण म्हणजे पाण्यात असलेल्या सर्व आयनांचे निष्कासन. हे निष्कासन ज्यावेळी आयन-विनिमय पद्धतीने करावयाचे असते तेव्हा क्षारयुक्त पाणी धनभारित व ऋणभारित आयन-विनिमय पदार्थांच्या (Cationic and Anioic exchangers) स्तरांतून पाठविले जाते. पाण्यातील धनभारित व ऋणभारित आयनांची स्तरांमध्ये रासायनिक अभिक्रियांनी विनिमयासाठी स्थापित केलेल्या धनभारित व ऋणभारित आयनांशी खाली दाखविल्याप्रमाणे अदलाबदल होते व दोन्ही स्तरांमधून बाहेर पडणारे पाणी (निस्राव) संपूर्णतया क्षारविरहित असे मिळते.







ही पद्धत अत्यंत प्रभावशाली असली तरी अतिशय खर्चिक असल्याने मोठ्या प्रमाणावर वापरण्यास उपयुक्त पडत नाही. अपेक्षित पाण्याचे परिमाण जेव्हा कमी असते तेव्हा कित्येक उद्योगांत व प्रयोगशाळांत या रीतीने पाणी उपचारित करून वापरले जाते.

(२) **सौरजल.**—निसर्गातच उपलब्ध असलेल्या प्रचंड प्रमाणावरील सौर ऊर्जेचा विचारपूर्वक वापर केल्यास समुद्र जलासारख्या क्षारयुक्त पाण्याचे गोडया पाण्यात रूपांतर करता येते असे सिद्ध झाले आहे. आसूत जल तयार करण्यासाठी वापरले तत्त्वच—'पाण्याचे उष्णतेच्या सहाय्याने बाष्पीकरण व तयार झालेल्या वाफेचे प्रशीतनाच्या सहाय्याने पुनरपि द्रवीकरण'— या ठिकाणी वापरले जाते. फक्त पाण्याच्या बाष्पीभवनासाठी विद्युत् ऊर्जा वा अन्य कृत्रिम तऱ्हेने वा ज्वलनाने निर्माण केलेली ऊर्जा वापरण्याऐवजी उपलब्ध सौर ऊर्जा वापरली जाते.

सौर ऊर्जेचा वापर करून गोडे पाणी तयार करणारे उपकरण अगदी साधे असते. एका चौकोनी आकाराच्या स्टीलच्या पेटीचे वरचे आवरण काढून त्यावर ३ ते ४ मि. मि. जाडीच्या काचेचे छप्पर तयार करण्यात येते. काच ज्या ठिकाणी पेटीला जोडलेली असते तो कोन ठरलेला असतो व तो जोड जलाभेद्य असा असतो. कांच व पेटी यांच्या जोडापाशी द्रवीभूत होऊन काचेच्या आतल्या भागावरून घरंगळत येणारे पाणी एकत्रित करण्यासाठी दोन्ही बाजूला एक एक द्रोणी (Trough) असतात. पेटीच्या बाजू काळ्या रंगाने रंगविलेल्या असून असंवाहक बनविलेल्या असतात. पेटीच्या तळाशी यांत्रिक सहाय्याने क्षारयुक्त पाणी आत येण्याची व्यवस्था असते. पाण्याची खोली साधारणत: २.५ ते ३ सें. मी: एवढी ठेवतात. काचांचे छप्पर सूर्याला संमुख असल्याने सूर्यकिरण काचेतून पेटीत प्रवेश करून पाण्याचे उष्णतामान वाढवितात. काळा रंग व असंवाहक द्रव्यमान यांच्यामुळे उष्णतेचे संधारण होते व पाण्याची वाफ बनते. हवेपेक्षा वजनाने हलकी असलेली वाफ वरच्या तौलनिकदृष्टया थंड असलेल्या काचेवर द्रवीभूत होते व जलधारा बाजूच्या द्रोणीत पडू लागतात. अशा रीतीने जमा झालेले पाणी सर्वस्वी क्षारविरहित किंवा गोडे असते.

सौदी अरेबियात वर्षातून जवळजवळ ३,५०० ते ४,००० तास सूर्यप्रकाश मिळू शकतो व त्याची सरासरी तीव्रता प्रतिदिन ५५० कॅलरी/सें. मी.^{2} इतकी असते. या प्रखर सूर्यप्रकाशाचा वापर करून समुद्रजलाचे गोडया पाण्यात रूपांतर करून निर्जल अरबस्तान सुजलाम् करण्याचे प्रयत्न जोरात चालू आहेत. इस्रायलने थोडयाफार प्रमाणात यशही मिळविले आहे.

(३) **बंदचक्र-उपागम.**—वापरानंतर निरुपयोगी म्हणून फेकून देण्यात येत असलेल्या पाण्याचा पुनर्वापर म्हणजेही एका दृष्टीने बघितल्यास अधिक पाणीपुरवठाच होय. वास्तविक पहाता निसर्गात अशा रीतीने पाण्याचा पुनर्वापर होतच असतो. पण तो नकळत ! ज्यावेळी पुनर्वापर करावयाच्या दृष्टिकोनातून अपवाही पाण्याचे उपचारण करून ते वाया घालविण्याऐवजी पुनरपि वापरात घेतले जाते तेव्हा त्या पद्धतीस बंदचक्र-उपागम (Closed cycle) म्हणून ओळखण्यात येते. या पद्धतीत दोन गोष्टी साध्य होतात. निस्रावांचे निस्तारण व अधिक पाण्याची उपलब्धता.

निस्रावांचे उपचारण करून, त्याची गुणवत्ता बघून निरनिराळ्या कारणांसाठी पाण्याचा पुनर्वापर करता येतो. शेतीकाम व कांही औद्योगिक प्रक्रियांसाठी विशेष त्रास न घेता वापर करणे शक्य असते तर नगरपालिका, सर्वसाधारण औद्योगिक प्रक्रिया, पोहोण्याचे तलाव वा तळी, मत्स्योत्पादन यांसाठी पाण्याचा पुनर्वापर करावयाचा असेल तर उपचारण जागरुकतेने करावे लागते.

बऱ्याच वेळेस भूजलाच्या परिमाणात पडलेली तूट भरून काढण्यासाठी निरुपयुक्त पाण्याने पुनर्भरण करण्याच्या शास्त्रीय पद्धती (Ground water recharge) ज्ञात आहेत. लॉस्-एंजलिस मधील सांडपाण्याने पुनर्भरण करून रिओ-हांडो नदीच्या पात्रात भर घातल्याने पाण्याचा यशस्वी पुनर्वापर होत आहे. हे करत असतांना जन:-स्वास्थ्य अभियंत्यास बऱ्याच गोष्टींचे भान ठेवावे लागते. पुनर्भरण म्हणजे निरुपयुक्त पाण्याने बादली भरावी असे विहिरीचे भरण नव्हे ही गोष्ट दृष्टीआड करू नये !

हीच पद्धत उद्योगातही काही ठिकाणी वापरून एकाद्याच विभागापुरता पाण्याचा पुनर्वापर करून एकूण पाण्याचे परिमाण घटवितात.

।। इमा आपः शिवतमाः* ।।

साऱ्या जीवसृष्टीच्या उत्पत्तीस कारण बनलेल्या पाण्याची यथार्थ ओळख करून द्यावयाची झाल्यास त्याला मिळालेले 'जीवन' हे नाव नुसते उच्चारले तरी पुरेसे होते. मानवी जीवनाला पुष्टी देणारे, मानवी संस्कृतीला घाट देणारे पाणी जर अपुरे पडले तर पाण्याच्या शोधात मैलोगणती, कळशी हातात घेऊन, रखडणारा माणूस कितीतरी 'उपयुक्त मानवी तास' (Man hours) हरवून बसतो आणि केवळ स्वतःचाच नव्हे तर देशाचा विकास घडवून आणण्याच्या महत्कार्यात सहभागी न होता प्रेक्षकाच्या भूमिकेत तटस्थतेने उभा राहतो. उलटपक्षी तेच पाणी उदंड झाले तर नवीन विज्ञानमय संस्कृती उदयास आणू शकतो, देश समृद्धीकडे नेऊ शकतो. आजच्या जमान्यात प्रती माणशी वापरात येणाऱ्या पाण्याच्या परिमाणावरून आरोग्याची व तदनुषंगाने देशाच्या समृद्धीची कल्पना करता येते. या साऱ्या पार्श्वभूमीवर विचार केला म्हणजे एक गोष्ट मनात ठसते ती हीच कीं, 'पाणी' ही माणसाची 'मूलभूत' प्राथमिक गरज' आहे. केवळ सगर कुळाचाच जोवर प्रश्न होता तोपर्यंत भगीरथ एकाकी प्रयत्न करू शकला. आता मात्र भगीरथाची मालिकाच तयार व्हावयाला पाहिजे आहे. तशी मालिका निर्माण झाली तरच भारतासारख्या खंडतुल्य देशातील असंख्य सगरकुळांचा प्रश्न सुटू शकेल. गंगेचे पाणी कावेरीत येऊन उत्तर-दक्षिण संस्कृतींचा मनोहर मिलाफ होऊ शकेल.

कालचे आज नि आजचे उद्या असे काही बाबतीत चालत असले तरी ज्ञान त्याला अपवाद ठरते. 'प्रतिपच्चंद्ररेखेव वर्धिष्णू' असे ते सतत वाढते आणि त्याचमुळे नवनवीन समस्यांचे आव्हान ओढवून घेते. पाण्याच्या संबंधातील समस्याही आरोग्य शास्त्राच्या, लोकसंख्येच्या आणि औद्योगीकरणाच्या वाढीबरोबर अधिकाधिक उग्र बनत चालल्या आहेत. या वाढी-मुळेच आजच्या भगीरथाला केवळ 'उदंड जाहले पाणी' एवढयावरच संतुष्ट राहता येणार नाही. साधा पाणीपुरवठ्याचाच प्रश्न जरी बघितला तर त्यावरून कल्पना येईल. पाण्याचा प्रतिदिन प्रतिमाणशी वापर त्या ठिकाणची (सार्वजनिक दृष्टिकोनातून) व तेथील मानव-समूहांची श्रीमंती अजमावण्यास मानक ठरू शकतो. पर्यावरणीय स्वास्थ्यरक्षणाच्या दृष्टिकोनातून लोकसंख्येच्या प्रमाणात पाण्याच्या वापराचे परिमाण प्रतिदिन प्रतिमाणशी किती असावे याविषयी काही निश्चित स्वरूपाचे संकेत ठरले आहेत. १९७३ च्या जूनमध्ये भारत सरकारच्या सार्वजनिक बांधकाम नि गृहनिर्माण मंत्रालयाने पाणीपुरवठ्यासंबंधी पुस्तिका लिहिण्यासाठी नियुक्त केलेल्या समितीने केलेल्या शिफारशी सारणी १०-1 मध्ये दिल्या आहेत.

---

* ऋग्वेद.

सारणी १०.१ :—घरगुती उपयोगासाठी लागणारे पाण्याचे परिमाण*.

लोकसंख्या	पाणी (प्रतिदिन प्रतिमाणशी लिटरमध्ये)
१०,००० पर्यंत लोकसंख्येस	७० ते १००
१०,००० ते ५०,००० लोकसंख्येस ..	१०० ते १२५
५०,००० पेक्षा जास्त लोकसंख्येस ..	१२५ ते २००

वर दिलेल्या सारणीप्रमाणे जलपुरवठा करावयाचा तर पाण्याचे नवनवीन साठे उपलब्ध करण्याच्या दृष्टीने भरीव प्रयत्न व्हावयाला पाहिजेत. पाण्याचे साठे उपलब्ध होत नसतील तर 'पाण्याचा पुनर्वापर' ही गोष्ट अटळ मानून 'तेन त्यक्तेन भुंजीथाः' (ईशावास्योपनिषद्) हा प्राचीन मंत्र आचरणात आणला पाहिजे. अर्थात् ही गोष्ट वाटते तितकी सोपी नाही. त्यासाठी पथ्येही बरीच व तीही कडक आहेत. आजपर्यंत एकदा वापरल्यानंतर निरुपयोगी झालेले पाणी माणूस निःशंकपणे, निर्ममत्व बद्धीने 'इदं न मम' असे म्हणून कृष्णार्पण करीत होता. कमी लोकसंख्या, पाण्याचा तोकडा वापर, उद्योगांची अनुपस्थिती यामुळे मलजलाचे किंवा अपशिष्टांचे परिमाण थोडे राहत असे व तेवढे मलजल सामावून घेण्याइतपत 'समावेशक शक्ती' व 'आत्मशोधनशक्ती' नद्यांत बरेच दिवसपर्यंत होती. आता परिस्थिती पालटली आहे. मलजलांचे व औद्योगिक अपशिष्टांचे प्रमाण दिवसेंदिवस वाढते आहे, नद्यांची उपरोल्लेखित शक्ती क्षीण होत चालली आहे. वेळीच जागे झालो नाही तर नद्यांचे 'पूतिकुंड' बनण्यास फारसा वेळ लागणार नाही. गेल्या शतकाच्या शेवटी व या शतकाच्या सुरुवातीच्या दोन दशकांत इग्लंडमध्ये जी अवस्था अनुभवास आली तीच अवस्था आपणास पुन्हा अनुभवावी लागू नये. रॉयल कमिशनने प्रसिद्ध केलेले अहवाल वाचून 'पुढच्यास ठेच, मागचा शहाणा' या न्यायाने तशी परिस्थिती येऊ नये म्हणून आताच प्रतिबंधक उपाय योजण्यास सुरुवात केली पाहिजे. गंगेसारख्या महानदीच्या बाबतीत पहाणी केल्यानंतर 'विकसनशील देशातील आर्थिक गुंतवणूक व अन्नोत्पादन' या बाबतीत राष्ट्रसघाला सल्ला देणाऱ्या प्रा. रेव्हेली यांनी नुकताच इशारा दिला आहे.† गंगेच्या बाबतीत जर ही स्थिती उद्भवू शकते तर इतर नद्यांच्या बाबतीत विचारच करायला नको. सरकार आपली पावले वेळेवर उचलू लागले आहे. परंतु सरकारी प्रयत्नही आपल्या सहाय्याविना तोकडे पडतील. वापरलेल्या पाण्याचे निस्सारण करण्यापूर्वी आपल्या या कृत्यामुळे पाणी प्रदूषित तर होणार नाही ना, इतरांच्या आरोग्यावर विघातक परिणाम तर होणार नाही ना याचा विचार करणे आवश्यक आहे.

आपला सांस्कृतिक वारसा फार मोठा आहे. प्राचीन काळी ऋषिमुनींनी जलदेवतांची केलेली प्रार्थना खऱ्या अर्थाने फलद्रुप करावयाची झाल्यास पाण्याविषयी जास्तीत जास्त माहिती मिळविली पाहिजे. त्यावर संशोधन केले पाहिजे. ऋग्वेदांत (संध्या) जलदेवतेची

*Manual on Water Supply & Treatment (2nd Edition)—1976.
†The Ganga : Should we let it die ? Nagpur Times 10-8-75.

केलेली प्रार्थना थोडक्यात करून हा खटाटोप पुरा करतो. या पुस्तकात आलेल्या सर्व माहितीचे सार यात सापडते :—

"ॐ आपोहिष्ठामयोभुवस्ता न ऊर्जे दधातन
. . . . ज्योक्च सूर्यं दृशे ॥"

"हे जलांनो, तुम्ही सुखकारक आहात म्हणून आत्मज्ञानाकरिता आमचे रक्षण करा". (१)

"मुलांचे रक्षण करणाऱ्या माता ज्याप्रमाणे त्यांना स्तनपान देतात त्याप्रमाणे कल्याण-कारक असा रस तुम्ही आम्हाला द्या." (२)

"ज्या रोगांची निवृत्ती आम्हाला आनंददायी होईल त्या रोगांच्या नाशासाठी, हे उदकांनो, आम्ही तुमचा स्वीकार करतो. आम्हास तुम्ही प्रजा प्रसवण्यास समर्थ करा." (३)

"उदक आमच्या पापाचा नाश करून आनंद देवो व पिण्यासही मिळो. आवृष्टी व विविध रोग यांचा विराम करणारे उदकप्रवाह आम्हाला पवित्र करोत." (४)

"रोगमुक्त करणाऱ्या व आरोग्य देणाऱ्या अशा उदक-देवतांजवळ मी वनस्पतींची (औषधी) याचना करतो." (५)

"कारण जलात सर्व वनस्पती (औषधी) व जगदारोग्यकारक अग्नी आहे असे सोमाने मला सांगितले आहे." (६)

"हे उदकांनो, माझ्या शरिरात औषधांचा पुरवठा करा, म्हणजे मी निरोगी होऊन अनन्त काळ सूर्याला पाहू शकेन व दीर्घायुषी होईन." (७)

या प्रार्थनेसमवेतच वेदात बऱ्याच वेळा उच्चारलेला "इमा आपः शिवतमाः।" हा मंत्र म्हणून पुस्तकाची सांगता केलेली बरी.

परिशिष्ट

२३ मार्च १९७४ या दिवशी भारतीय संसदेने "The Water Prevention and Control of Pollution Act, 1974," हा प्रदूषण प्रतिबंधक कायदा पास करून त्यावर राष्ट्रपतींनी शिक्कामोर्तब केले. महाराष्ट्र सरकारनेही असा कायदा राज्यात जारी केला आहे. भारत सरकारच्या कायद्याअन्वये भारतातील महत्त्वाच्या नद्यांच्या खोऱ्यातील निरनिराळ्या विभागांचे रक्षण करण्यासाठी खाली दिल्याप्रमाणे स्वतंत्र मंडळे स्थापन करण्यात येतील. :—

खोरी		अखत्यारात येणारे विभाग
१ ब्रह्मपुत्रा	..	आसाम, नागादेश, अरुणाचल.
२ गंगा	..	आसाम, प. बंगाल, बिहार, उ. प्रदेश, त्रिपुरा, मिझोराम, मणिपूर.
३ यमुना	..	उ. प्रदेश, हिमाचल, हरियाणा, दिल्ली.
४ महानदी	..	मध्यप्रदेश, ओरीसा.
५ कृष्णा	..	महाराष्ट्र, आन्ध्र, कर्नाटक.
६ गोदावरी	..	महाराष्ट्र, आन्ध्र.
७ कावेरी	..	कर्नाटक, तामीळनाडू.

या मंडळाचे काम व्यवस्थित चालावे यासाठी 'उद्योग व पुनर्वसन' मंत्रालयाच्या अखत्यारीत शास्त्रीय संशोधनावर लक्ष ठेवणारा एक स्वतंत्र विभाग ठेवण्यात येईल व त्यातर्फे अस्तित्वात असलेल्या व कांही नव्याने निर्माण केलेल्या प्रयोगशाळांतून पाण्याच्या वेळोवेळी गुणवत्ता परीक्षा घेण्यात येतील.

पाण्याच्या बाबतीत जनस्वास्थ्याच्या दृष्टिकोनातून काम करणाऱ्या व विशेष संशोधन करणाऱ्या संस्थांत कॉन्सिल ऑफ सायंटिफिक अॅण्ड् इण्डस्ट्रियल रिसर्च (CSIR) या संस्थेत अन्तर्गत असलेली नागपूर येथील 'राष्ट्रीय पर्यावरण अभियांत्रिकी अनुसंधान संस्थान' (NEERI) ही संस्था अग्रेसर आहे. या संस्थेच्या विभागीय व क्षेत्रीय शाखा भारताच्या विविध भागात असून त्यात विशेष संशोधन चालू आहे. १९५९ साली ही संस्था कै. नानासाहेब मोडक यांच्या निदेशकत्वाखाली स्थापन झाली.

या संस्थेव्यतिरिक्त डॉर् ऑलीव्हर्, जिओ मिलर, पॅटर्सन अॅण्ड कॅण्डी, इ. व्यापारी संस्थाही या क्षेत्रात स्पृहणीय कामगिरी करीत आहेत. या विषयांवर अधिक अभ्यास व्हावा व संशोधन व्हावे म्हणून भारतातील अनेक ठिकाणी जनस्वास्थ्य अभियांत्रिकीचा पदव्युत्तर अभ्यासक्रम चालू आहे. कानपूर IIT, रूरकी, खरगपूर IIT, नागपूर विश्वेश्वरैय्या प्रादेशिक अभियांत्रिकी महाविद्यालय, मुंबईचे VJTI, मद्रास येथील गिंडी इंजिनीयरींग कॉलेज अशी नावे प्रामुख्याने देता येतील.

पारिभाषिक शब्दसंग्रह

अ

अणू : Atom
अणुभार : Atomic weight
अतिसंभाव्य संख्या : Most Probable Number (MPN)
अधिधारित जल : Occluded water
अधिपृष्ठ : Surface
अधिपृष्ठ जल : Supernatant
अधिशोषित : Adsorbed
अनुकूलन : Conditioning
अनुक्रमिक : Consecutive
अनुपचारित : Untreated, Raw
अनुपात : Ratio
अनुप्रस्थी : Transverse
अनुप्रस्थी द्विभाजन : Transverse binary fission
अनुमेय : Allowable
अनुमेय सांद्रण : Allowable concentration
अपचयन : Catabolism
अपद्रव्य : Impurity
अपवारित भट्टी : Muffle furnace
अपक्षारीकरण : Desalination
अपृष्ठवंशी : Invertebrate
अप्रकट उष्णता : Latent heat
अम्ल : Acid
अम्लता . Acidity
अमीनो अम्ल : Amino acid
अल्क : Alkali
अल्कता : Alkalinity
अवशिष्ट : Residual
अवशोषण : Absorption

अ—चालू

अवस्थापनीय/अवस्थापनशील : Settleable
अवक्षेप : Precipitate
अविमितीय : Non-dimensional
अविभाजित : Unsegmented
अस्थायी : Temporary
अस्थिकाठिण्य : Osteosclerosis
अंकुशकृमी : Hookworm
अंतर्वेशन : Ingestion
अपयुक्त धावनजल : Spent wash

आ

आकर्षण बल : Attractive force
आग्रही पराश्रयी : Obligate parasite
आत्मशोधन : Self purification
आन्तरकोषिक : Intracellular
आन्तरायिक : Intermittent
आबध्द : Fixed
आन्त्रनिवासी : Enteric
आन्त्ररोध : Intestinal block
आयन : Ion
आयनीकरण : Ionisation
आरोग्यवर्धक पेय : Tonic
आंशिक दाब : Partial pressure
आश्रयदाता : Host
आसव : Alcohol
आसंजन : Adhesion
आसुत जल : Distilled water
आसुती : Brewery

इ

इष्टतम : Optimum

उ, ऊ

उत्पादक कोषिका : Producers
उतक : Tissue
उतक संवर्धनी : Tissue culture
उपचयन : Anabolism
उपचारण : Treatment
उपज पदार्थ : By product
उपभुक्त : Consumed
उपभोगी कोषिका : Consumer cells
उपापचयन : Metabolism
उदासीन : Neutral
उदासिनीकरण : Neutralization
उष्णता अवधारण क्षमता : Heat retaintivity.
उष्णता धारण क्षमता : Heat capacity
ऊर्जा : Energy
ऊर्जास्तर : Energy level
ऊर्जा उपभोगी : Energy consuming
ऊर्जा प्रदायी : Energy yielding

ए

एकक : Unit
एककोषिक : Unicellular

औ

औद्योगिक अपशिष्ट : Industrial waste

ऑ

ऑक्सिकरणीय : Oxidizable
ऑक्सिकृत : Oxidized

ऋ

ऋणाग्र : Cathode
ऋणभार : Negative Charge
ऋणायने : Cations

क

कलील : Colloid
कसोटी : Test
काचतंतू निस्यंदक कागद : Glass fibre filter paper.
काचाभ : Enamel
कार्यप्रदर्शी : Schematic
कारक कोषिका : Causative cells
किलाटक : Coagulant
किलाटक सहाय्यके : Coagulant aids.
किलाटण : Coagulation
केषाकर्षण : Capillary action
केषाकर्षण बल : Capillary force
कोषिकान्तर्गत : Cellular

ख

खनिज : Mineral
खुपऱ्या : Conjunctivitis
खेचर : Avians

ग

गजकर्ण : Ringworm
गृह मलजल : Domestic sewage
गुणात्मक : Qualitative
ग्रहणी : Duodenum

घ

घनद्रव्ये : Solids
घर्षित काच जोड : Ground glass joint
घरगुती मलजल : Domestic sewage

च

चतुष्फलक : Tetrahedron
चयापचयन : Metabolism

ज

जल-अन्तर्ग्राही : Water intake
जलउद्यम : Water works
जलचर : Aquatic
जलजीवाणू : Water bacteria
जलद्वेषी : Hydrophobic
जलप्रेमी : Hydrophilic
जलवाहित : Water borne.
जागतिक स्वास्थ्य संघटना : World Health Organisation.
जाती : Species
जीवचक्र : Life cycle
जीवद्रव्य : Protoplasm
जीवपरीक्षा : Bioassay
जीवमंडल : Biosphere
जीवरासायनिक अभिक्रिया : Biochemical reactions.
जीवरासायनिक ऑक्सिजन मागणी : Biochemical oxygen demand.
जीवसृष्टी : Bios
जीवाणू : Bacteria
जीवाणूशास्त्रीय विश्लेषणपद्धती : Bacteriological analysis.

त

तडकणे : Mottling
तनुकारक : Diluent
तृणभक्षी : Herbivorous
तृतियक उपचारण : Tertiary treatment
तेल परिष्करण : Oil refining
त्रयस्थ विद्युत्भार : Zeta potential

द

दमक मिश्रण : Flash mixing
दंडाकृती : Bacillus
द्विध्रुवी घूर्णन : Dipole moment
द्विसंयुजी : Divalent

द—चालू

दूषितके : Pollutants
दुष्फेन : Hard

ध

धनात्मक भार : Positive charge
धनाग्र : Anode
धात्विक संयुगे : Metallic compounds
धूसर द्रव्य : Grey matter

न

नळकाम : Plumbing
निकृष्ट संवाहक : Bad conductor
निर्जंतुक : Sterilized
निदर्शक : Indicator
निर्धोक : Safe
निर्मलन पुंजीकारक : Clariflocculator
नियामक प्राधिकरण : Regulatory authority
निलंबन : Suspension
निलंबाभ : Suspensoid
नियंत्रण : Control
निस्यंदक : Filter
निस्यंदक कागद : Filter paper
निस्यंदनशील : Filterable
निस्राव : Effluent
निस्सारण : Excreation

प

पर्यावरण : Environment
परिकलन : Calculation
परिचालन : Operation
परिप्लावी जीव : Plankton
परिमाण : Quantity
परिसंचरण : Circulation
परोपजीवी : Heterotrophs

प—चालू

पारश्वसन : Transpiration
पारिस्थितिक : Eco system
पारिस्थितिकी : Ecology
पुनरावर्तन सिध्दान्त : Recapitulation theory.
पेयता : Potability
पोषक कोषिका : Hosts
पौष्णिक : Nutritive
पृष्ठ तणाव सामर्थ्य : Surface tension strength.
पृष्ठीय धारणा क्षमता : Surface retaintivity.
पृष्ठीय जल : Surface water
प्रकाशसंश्लेषण : Photosynthesis
प्रकिण्व : Enzyme
प्रणाल : Mains
प्रतिरोधक : Buffers
प्रथिन : Protein
प्रदूषण सूचक : Indicator of pollution
प्रक्षालक : Cleansing
प्रक्षालक द्रव्य : Detergents
प्रक्षालन : Flushing
प्रस्तावित : Proposed
प्रायोगिक जीव : Experimental animals
प्लवक : Plankton
प्लेक निर्भाणक एकक : Plaque forming unit.

फ

फसवा : Apperant
फेन : Foam
फ्लोरिडीकरण : Fluoridation

ब

बनावट : Composition
बहुकोषिक : Multicellular

ब—चालू

बाष्पन : Vapourisation
बाष्पनाची अप्रकट उष्णता : Latent heat of vapourization.
बाष्पशील : Volatile
बाष्पित्र : Boiler
बाष्पीभवन : Evaporation, Volatalization, Vapourisation.
बिजाणुधारक : Spore bearing
बुरशी : Fungus
बंदचक्र उपागम : Closed cycle approach

भ

भागीदारी : Sharing
भार : Charge
भारविभाजन : Charge differentiation
भारित : Charged
भूचर : Terrestrial
भूगर्भशास्त्रीय संरचना : Geological composition.
भूमिगत अपवाह : Underground run off; Underground drainage.

म

मल : Sewage
मलनल मलवाहिनी : Sewer
मलमा : Detritus
मलोपचारण : Sewage Treatment
मलोपचारण संयंत्र : Sewage treatment plant.
मंगल : Manganese
मंदवालुका निस्यंदक : Slow Sand filter
मात्रात्मक : Quantitative
माध्यम : Medium
मानक : Standard
मापी : Meter
मांसभक्षी : Carnivorous

म—चालू

मज्जा : Marrow
मूलघटक तत्त्व : Element
मूलरोम : Secondary hairy roots
मृतोपजीवी : Saprophytes

य

यकृत : Liver
यौगिक : Compound

र

रक्तवर्णी अळया : Blood worms
रक्षक कवच : Protective layer
रासायनिक बंध : Chemical bond
रासायनिक विश्लेषण : Chemical analysis
ऱ्हीय उतके : Cardiac tissues
रेणू : Molecule
रेणू बंध : Molecular bond
रेण्विक : Molecular
रोगाणू : Pathogens
रोगाणुनाशन : Disinfection
रंगद्रव्य : Pigment
रंगमापक : Colourimeter
रंजके : Dyes

व

वसोतके : Fatty tissues
वस्तूनिष्ठ वर्णक्रम : Objective spectrum
वारंवारता : Frequency
वाहक : Carrier, Vector
वातापेक्षी : Aerobic
वातनिरपेक्षी : Anaerobic
विकिरणशीलता : Radioactivity
विखनिजीकरण : Demineralization
विघटक : Decomposer

व—चालू

विघटनाचे उपजपदार्थ : Products of decomposition.
विघटनात्मक : Reductive, Decomposable.
वितरण : Distribution
विद्युत् अग्र : Electrode
विद्युत् अपार्यता : Dielectric
विद्युत् भार : Electric charge
विद्युत् क्षेत्र : Electric field
विनिर्देश : Specifications
विफ्लोरिडीकरण : Defluoridation
विमिती : Dimensions
विमितीय : Dimensional
विरल घटक द्रव्य : Trace element
विलयन : Solution
विलायक गुणधर्म : Solvent property
विलीन : Dissolved
विलेयता : Solubility
विश्लेषण : Analysis
विषाक्त : Toxic
विषाणू : Virus
विष्ठीय Fecal
वेग : Rate
व्युत्क्रमी अभिक्रिया : Reversible reaction

श

शीतक : Coolent
शीतन : Cooling
शैवाल/शेवाळ : Alga
श्यानता : Viscocity
श्लेष्म : Mucus
श्वेत द्रव्य : White matter

स

समस्थानिके : Isotopes

स—चालू

सर्वव्यापी विलायक शक्ती : Universal solvent property.
सहअस्तित्व : Symbiosis
सहसंयोजक बंध : Covalent bond
सौरशक्ती : Solar energy
संक्रामक : Infectious
संगलनाची अप्रकट उष्णता : Latent heat of fusion of ice
संघटनात्मक : Synthetic
संघनन : Condensation
संचरण : Transport
संदूषण : Contamination
संधारण : Retaintion
संयंत्र : Plant
संयुग : Compound
संरक्षित : Protected

स—चालू

संवर्धनी : Culture
संवाहक : Carrier
संसंजन : Cohesion
संक्षारण : Corrosion
संक्षारकता : Corrosiveness
सेंद्रिय : Organic
स्थित्यंतरशील : Intermediary
स्थिरांक : Constant
स्निग्ध पदार्थ : Fat
स्वास्थ्य अभियंता : Sanitary Engineer
स्वीकार्य सांद्रता : Permissive concentration

ह

हरित् द्रव्य : Chlorophyll

संदर्भ ग्रंथ

1. Water Supply & Sewerage.—E. W. Steel, 4th edition, published by McGraw Hill Book Co.

2. Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater.—13th edition, prepared by APHA, AWWA, WPCF Washington.

3. Engineering Management of Water Quality.—McGaulhey, published by McGraw Hill Book Co.

4. Environmental Systems Engineering.—I G. Rich, published by McGraw Hill Book Co.

5. Water & Waste-water Technology.—Hammer, published by John Wiley & Sons Inc.

6. Manual of Water Supply & Treatment.—Prepared by the expert committee constituted by the Govt. of India, 1976.

7. Chemistry for Sanitary Engineers.—Sawyer & McCarty, published by McGraw Hill Book Co.

8. General Chemistry.—Linus Parling, published by W. H. Freeman & Co., 1959.

9. Fluorides.—WHO publication.

10. Scientific American.—Issues No. 1191 of April 1956.

11. Water is everybody's business.—A. S. Behrman.

12. The World of Water.—W. C. Walton, published by Wilmer Brothers Ltd., Birkenhead.

13. International Standards for Drinking Water.—WHO publication.

14. Ecology & Quality of Our Environment.—C. H. South Wick published by Von Nosfrand Reinhold Co.

15. A section in National Technical Advisory Committee on Water Quality, published in 1968.

16. Water, the Yearbook of Agriculture 1955.—U. S. Dept. of Agriculture.

17. The World's Water.—M. I. Ivorich. published by Mir Publishers.

18. Environmental Sanitation in India.—Kazuyoshi Kawata, 1963.

19. नगररचना शास्त्र—कॅ. कृ. वि. वझे.

20. Microbiology for Sanitary Engineers.—R. E. McKinney, published by McGraw Hill Book Co.

21. Microbiology.—Pleczar & Reid, 3rd edition, published by Tata McGraw Hill.

22. Fundamentals of Microbiology.—Frobisher, published by W. B. Saunders Co.

23. Environmental Microbiology.—A course outline prepared by CPHERI, Nagpur.

24. Water Pollution Microbiology.—Ralf Mitchel, published by Wiley Interscience.

25. A Text Book of Biochemistry.—P. H. Mitchel, 2nd edition, published by McGraw Hill Book Co.

26. A Text Book of Biochemistry.—White, Handler & Smith.

27. Outlines of Biochemistry.—Conn & Stumpf, published by Wiley Eastern.

28. The Principles & Practice of Medicine.—Stanley Davidson & John Macleod, 10th edition, published by The English Language Book Society.

29. The Science of Meat & Meat Products.—American Meat Institute Production, published by W. H. Freeman & Co.

30. Foods, Their Composition & Analysis.—Wynthen Blythund et. al.

31. IS Standards.

32. LBL Volume No. I & II on Water Pollution.

शामुना—ए-६००—कृविना—१-८२—११००+१०—पीए५*